ЭНЦИКЛОПЕДИЯ СТРОИТЕЛЯ
Том VIII

Проф. В. Ф. ИВАНОВ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ ПОСЕЛКОВ

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ, ТЕХНИКОВ И ПР. ЛИЦ, ПРИЧАСТНЫХ К СТРОИТЕЛЬСТВУ

С 300 ЧЕРТЕЖАМИ И 11 ТАБЛИЦАМИ

МОСКОВСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ИЗДАТЕЛЬСКОЕ ОБЩЕСТВО
МОСКВА — 1927 — ЛЕНИНГРАД

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ СТРОИТЕЛЯ
Том VIII

Проф. В. Ф. ИВАНОВ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И КАНАЛИЗАЦИЯ ПОСЕЛКОВ

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ, ТЕХНИКОВ И ПР. ЛИЦ, ПРИЧАСТНЫХ К СТРОИТЕЛЬСТВУ

С 300 ЧЕРТЕЖАМИ И 11 ТАБЛИЦАМИ

МОСКОВСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ИЗДАТЕЛЬСКОЕ ОБЩЕСТВО
МОСКВА — 1927 — ЛЕНИНГРАД



Ленинградский Гублит № 36799 Тираж 7000—17 л. Заказ № 920.

Государств. типогр. им. Евг. Соколовой, просп. Красных Командиров, 29.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Отсутствие на русском книжном рынке справочных изданий для различных отделов Строительного Искусства, побудило меня принять участие в составлении VIII тома „Энциклопедии Строителя“, посвященного вопросу об устройстве водоснабжения и канализации в поселках и др. небольших населенных местах.

Поэтому в целях сокращения об'ема нашего труда, размеры, которого установлены Издательством, мы будем в нем давать только те сведения, которые необходимы для повседневной практики, приводя в концах различных параграфов ссылки на различные сочинения, рассматривающие трактуемые нами вопросы с удовлетворяющей нас полнотой. Эти же причины заставляют нас свести до минимума те сведения из гигиены, которые необходимы для оценки работы водопроводных и канализационных сооружений.

Сама наша работа, посвященная устройству санитарно-гидротехнических сооружений в поселках, где количество жителей не превышает 5.000 — 10.000 человек, суживает основную задачу, так как в этом случае приходится применять, по возможности, несложные сооружения, доступные для средств населения.

Освещение этих вопросов является особенно важным в настоящее время, когда по всему СССР созидаются новые поселки (города-сады), где должны быть осуществлены все санитарно-технические установки, выработанные долголетней западно-европейской и русской практикой.

Проф. ***Вяч. Иванов.***

1927 г.

ОТДЕЛ I.

Водоснабжение.

ГЛАВА I.

Источники водоснабжения и их оценка.

§ 1. Классификация источников водоснабжения. Все существующие в природе источники водоснабжения делятся на две основных группы: поверхностные и подземные. К поверхностным источникам водоснабжения принадлежат: воды атмосферные, речные и озерные, а к подземным: воды грунтовые и артезианские. Ключевые воды занимают промежуточное положение между этими группами, так как они в сущности представляют те же подземные воды, но вытекающие по одному из водонепроницаемых пластов на дневную поверхность.

§ 2. Оценка качества воды в источниках водоснабжения. При оценке качества воды сначала изучают ее физические свойства. По требованиям гигиены вода должна быть бесцветной, прозрачной, приятного вкуса, без запаха и иметь температуру от 7° до 12° С. Чистая вода бесцветна; в ней только можно при глубине источника в 4 — 6 метров заметить голубой оттенок, впадающий в зеленоватый цвет. Окраска воды зависит от содержания в ней различных веществ в взвешенном и растворенном состояниях. Так, желтоватый цвет указывает на содержание в воде гуминовых веществ (речная и озерная вода), молочный цвет — на содержание органических веществ растительного происхождения (опалесцирование) и т. д.

Для определения цветности воды наливают ее в цилиндр до высоты 40 *см*, а снизу подкладывают под него белую фарфоровую пластинку; этот столбик воды сравнивают с таким же столбиком дистиллированной воды. Прозрачность воды контролируется путем установки столбика исследуемой воды (диам. 25 *мм* и высотой 700 *мм*) на особую пластинку, на которой написаны буквы и цифры определенной величины (шрифт Снеллена); затем отливают воду из цилиндрика, пока будет можно читать шрифт. Высота оставшегося столба воды укажет на степень ее прозрачности. Вкус воды является приятным, если она производит освежающее действие, зависящее от ее температуры и содержания растворенного в ней воздуха и углекислоты. Неприятный вкус воды обусловливается содержанием в ней минеральных солей (солей

хлористого натрия и магния, серно-кислого магния, сероводорода, солей железа,—меди, гуминовых веществ и пр.). Известное содержание минеральных примесей (подземные и ключевые воды) может перевести ее в разряд лечебных вод, чем исключается их значение, как источника водоснабжения. Запах воды обусловливается содержанием в ней растворенных газов, водорослей (цветение прудов и озер), примесей от заражения источников сточными водами фабрик и заводов.

После исследования физических свойств воды, обыкновенно производят химический и бактериологический анализы. Саму выемку проб для этой цели лучше поручить тем специальным Лабораториям (Медицинские Институты и Факультеты, Губернские или Окружные Лаборатории Наркомздравов), которыми будут производиться эти исследования, что имеет важное значение для оценки анализов исследуемой воды.

Химический анализ воды дает нам понятие о роде и количестве содержавшихся в ней примесей, так как абсолютно чистой воды, состоящей из двух атомов H и одного O в природе не существует; такая вода, по мнению медиков, является очень вредной для здоровья, так как ее употребление ведет к выщелачиванию солей из организма. Из этих содержавшихся в воде примесей имеет важное практическое значение известное содержание в воде солей щелочно-земельных металлов (кальция, магния), характеризующую так называемую жесткость воды. Жесткая вода неудобна в домашнем хозяйстве и промышленности. При варке пищи овощи затвердевают, чай плохо заваривается, умывание и стирка белья требуют много мыла, а при питании котлов в них образуется накипь, удаление которой, помимо быстрого изнашивания стенок котлов, требует дополнительных расходов. Для измерения степени жесткости в различных государствах (Англии, Германии и Франции) установлены особые единицы, называемые градусами жесткости. В СССР чаще всего пользуются немецкими градусами жесткости, которые соответствуют содержанию одной весовой части окиси кальция или эквивалентного ей количества магния в 100.000 частях воды. Грубое определение жесткости делается посредством особых приборов-гидрометров (способ Клярка-Бутрон-Буде). Обычно определяют общую жесткость воды. После кипячения воды некоторые примеси из нее улетучиваются, тогда остающаяся жесткость называется постоянной жесткостью, а улетучившаяся — временной жесткостью. Для того, чтобы проще производить оценку химических свойств питьевой воды, Гигиеническими Конгрессами и отдельными исследователями были предложены следующие нормы (табл. 1).

Нормы эти по современным взглядам не имеют абсолютного значения. Напр., в южных частях СССР можно найти воды с очень большой жесткостью (артез. воды г. Тирасполя), воды с содержанием сероводорода и аммиака (артез. воды Киева), что об'ясняется их вытеканием из горных пород (напр., серный колчедан). Поэтому, в некоторых случаях при оценке качества источников водоснабжения, необходимо подвергать серьезному рассмотрению результаты химического анализа. Некоторые государства (Англия, С. Ш. С. А., Швейцария) выдвигают для

Таблица № 1.

Нормы для химического состава воды.

Название примесей.	Брюссельский конгресс 1885 г.	Швейцарский конгресс 1888 г.	Тиман и Гертнер 1889 г.	Клют 1901 г.
	В миллиграммах на 1 литр.			
Общая жесткость (в немецких градусах)	20	—	18—20	—
Плотный остаток	500	500	500	500
Серная кислота	60	—	80—100	60
Хлор	8	20	20—30	30
Азотная кислота	2	20	5—15	до 30
Азотистая кислота	—	—	—	—
Аммиак	—	—	—	—
Органические вещества	10	10	6—10	до 12
В том числе органического азота	0,1	0,05	0,02	—
Органического углерода	—	—	5	—

себя применение особых норм, пригодных для известных районов. Этот прием является в высшей степени желательным и для СССР при громадности занимаемой им территории. Из других примесей, содержащихся в подземных водах, нужно отметить еще соли железа, которые, будучи безвредными для здоровья, вызывают образование наростов в трубах и тем самым затрудняют эксплоатацию водоснабжения; вследствие этого приходится устраивать особые сооружения для их выделения.

Нахождение в воде свинца, об'ясняется применением свинцовых труб в домах и является вредным для здоровья, вызывая появление у населения особой болезни — свинцовых колик.

Бактериологический анализ, производимый специалистами, имеет своим назначением установить как общее количество бактерий в 1 *куб. см* воды (количественный анализ), так и виды тех бактерий, которые встречаются в исследуемой воде (качественн. анализ). На практике при отсутствии эпидемий пользуются количественным бактериологическим анализом, дополняя его только качественным анализом для определения индикаторных микроорганизмов, характеризующих извержения людей и животных (кишечная палочка, bacillus coli communis).

Во время же эпидемий холеры, брюшного тифа, дизентерии и др. желудочных болезней, в целях нахождения этих микроорганизмов в воде, производится и качественный анализ для определения бацилл этих болезней. Подобно химическим нормам некоторыми бактериологами в целях упрощения оценки были предложены нормы для оценки воды по количеству и качеству бактерий. Количественные бактериологические нормы французского ученого Микеля (Miquel) приведены нами в таблице 2.

Таблица № 2.

Нормы для бактериологического состава воды.

Качество воды.	Количество бактерий в 1 куб. сант.
Чрезвычайно чистая	0—10
Весьма чистая	10—100
Чистая	100—1000
Посредственная	1000—10000
Загрязненная	10000—100000
Весьма загрязненная	100000—и более.

Нормы для воды по содержанию кишечной палочки предложены английским ученым Уайпплом (Whipple) и приведены в таблице 3.

Таблица № 3.

Нормы для воды по содержанию кишечной палочки (коли-титр).

Качество воды.	Об'емы воды в куб. сант., в которых найдена одна кишечная палочка.
Здоровая	100
Достаточно здоровая	10
Сомнительная	1
Нездоровая	0,1
Совершенно нездоровая	0,01

Сопоставляя данные химического и бактериологического анализов мы можем всегда заметить между ними некоторый параллелизм, т.-е. химически загрязненная вода в большинстве случаев оказывается непригодной и с бактериологической точки зрения. Помимо химического и бактериологического анализов в крупных центрах (Москва, Ленинград, Харьков) применяется биологический анализ, основанный на изучении микрофлоры и микрофауны источников водоснабжений, в результате чего по преобладанию тех или иных микроорганизмов можно судить о качестве воды в источнике. Но этот анализ, требуя для себя опытных специалистов, имеющихся в крупных центрах, является ненужным для водоснабжения поселков.

Литературные источники:

1) **Проф. Г. В. Хлопин.** Химические исследования питьевых и сточных вод, 1913; он же — Основы Гигиены, 1923.

2) **Проф. Левин.** Краткое руковод. к химическому исследованию воды, 1910.

3) **С. В. Бруевич, проф. С. В. Коршун и С. А. Озеров.** Исследование питьевых вод, 1925 г.

4) **Rubner, Gruber u. Ficker.** Handbuch der Hygiene, Die Wasserversorgung, 1924.

5) **Imbeaux et Debaure** – La distribution d'eau, 1905.

6) **Parks.** The control of water, 1913.

§ 3. Санитарная экспертиза и охрана источников водоснабжения. После оценки качества воды в источниках водоснабжения необходимо производить санитарную экспертизу с целью выяснить возможность загрязнения источников в будущем.

Это загрязнение может быть обусловлено спуском сточных вод городов, фабрик и заводов, устройством мельниц, разработкой горных штолен и пр. С целью урегулировать этот вопрос в 1923 г. Наркомздравом издано специальное „Положение о нормах чистоты сточных вод, допускаемых к спуску в водоемы с территорий городов, фабрик и населенных мест“, пользуясь которым нетрудно установить охрану чистоты воды в открытых водоемах и реках (охранную зону).

Значительно труднее установить охранную зону для ключей и подземных вод, так как здесь приходится производить обширные гидрогеологические исследования. В результате этих исследований устанавливаются две зоны: узкая — охватывающая непосредственно примыкающий район к источнику водоснабжения, — в которой производство строительных и в особенности горных работ воспрещается, и широкая, охватывающая весь район питания подземных источников.

На основании данных о составе и количестве воды и результатов санитарной экспертизы производится выбор источника водоснабжения для поселка.

В условиях жизни поселка выбор ключей и подземных источников водоснабжения является предпочтительнее, так как в этом случае часто можно обойтись безо всяких очистных сооружений.

Литературные источники:

1) **Проф. В. Ф. Иванов.** О спуске сточных вод в водные протоки, Труды VIII Вод. С'езда 1907. **Он-же** — О загрязнении и самоочищении рек 1912. **Он-же** — Санитарная Техника. Очистка городских сточных вод, 1914.

2) **Г. Гефер и А. Н. Семихатов.** Подземные воды и источники.

3) **Проф. В. Ф. Иванов.** Основания для выбора источника водоснабжения, журн. Наука и Техника, 1926 г.

§ 4. Определение количества воды в источниках водоснабжения. Выяснив качество исследуемого источника водоснабжения, необходимо установить, имеет ли он количество воды, потребное для питания поселка. Измерение расходов воды поверхностных источников водоснабжения производится сравнительно просто и не требует больших денежных средств.

Если мы имеем дело с многоводными реками (Волга, Днепр, Дон), или большими озерами (Лаложское, Селигер, Ильмень), то в определении расхода источников нет надобности, так как a priori очевидно, что в них имеется достаточный запас воды. Наоборот, при маловодных реках определение расхода должно быть сделано с достаточной точностью. Для этой цели следует в пределах места, намеченного для забора воды, снять поперечные профили реки и определить среднюю скорость движения. Эти измерения должны быть отнесены к горизонту самых низких вод, так как в противном случае питание водой поселков не будет обеспечено в течение летнего времени. В очень малых реках и ручьях прибегают к измерению расходов их посредством деревянных водосливов. При добывании воды из небольших озер необходимо снять через известные расстояния поперечные профиля, чтобы иметь возможность определить общий об'ем воды в озере при горизонте самых низких вод; кроме того, необходимо установить коэффициент стока атмосферных вод, чтобы не было нарушено равновесие между притоком и количеством воды, нужным для водоснабжения поселка.

Определение расхода ключей и грунтовых протоков требует более продолжительных наблюдений, так как количества даваемой ими воды подвержены значительным колебаниям по временам года и по отдельным годам. К сожалению, при практических решениях этих вопросов исследователи не располагают достаточным временем (2—3 года) и поэтому вынуждены исчислять расходы в этих случаях с известной осторожностью.

Ключи могут быть разбиты на две основные группы: нисходящие, встречающиеся по преимуществу в горных областях (Кавказ, Крым) или на высоких берегах рек, и восходящие, имеющие свой выход в долины (Детское Село).

Измерение расхода воды в небольших ключах производится после расчистки выхода путем наполнения резервуаров определенной емкости в известный промежуток времени. При измерениях же расхода воды в больших ключах приходится устраивать искусственные русла и устанавливать на них деревянные водосливы. Кроме этих простейших приемов измерения количества вытекающей воды, при незначительности

периода изысканий полезно производить расспросы местного населения о характере истока ключей в прежние годы.

При определении расхода грунтовых потоков мы не имеем естественного выхода воды на дневную поверхность, и потому вынуждены создать его искусственно путем устройства пробных буровых скважин, если только в данной местности не имеется вовсе колодцев, питающихся уже грунтовой водой. Для этой цели устраиваются две линии буровых скважин на известном расстоянии друг от друга, при чем число скважин не должно быть менее трех в каждой линии.

Затем производят в центральной скважине второй линии откачку воды насосом и, меняя работу его, наблюдают за понижением уровня воды при различных откачках. Параллельно с этим наблюдают за понижением уровня в боковых скважинах. Если при известной откачке в центральной скважине уровень воды восстанавливается мгновенно, и в боковых скважинах не наблюдается понижения, то тем самым мы получаем тот расход воды, который нам может дать одна буровая скважина. Такую же откачку мы можем произвести и в центральной скважине первой линии. Кроме того, в целях проверки мы должны установить среднюю скорость движения грунтового потока, для чего мы должны вливать раствор флуоресцина в скважины первой линии и наблюдать в скважинах второй линии момент появления зеленоватой окраски воды. Разделив расстояние между обеими линиями на промежуток времени, истекший с момента вливания раствора до момента появления окраски воды в нижней линии скважины, мы получим среднюю скорость движения. Зная из геологических разрезов скважин напластования грунтов и установив путем механического анализа коэффициенты их водопропускной способности (показывающие отношение пор грунта к об'ему, занимаемому грунтом), мы можем исчислить поперечные сечения пор грунтов и, помножая их на полученную среднюю скорость движения, получим расход воды грунтового потока.

Определение количества воды, даваемого артезианскими скважинами, является только возможным после их устройства. Но и самая возможность их устройства зависит от степени обследованности данной местности в гидрогеологическом отношении. Если в данной местности уже имеются действующие скважины, то устройство новых скважин не представляет больших затруднений. Количество воды, даваемой артезианскими скважинами, может колебаться в широких пределах. Так, например, в Киеве, где эксплоатируются артезианские воды двух горизонтов (подьюрского и подмелового), дебет скважин колеблется от 3.750 до 12.500 *куб. м* в сутки. Если данный поселок имеет несколько источников водоснабжения, то необходимо всегда отдавать предпочтение подземным и ключевым водам, как водам, очищенным самой природой, и потому не требующим сложных сооружений для их очистки.

Помимо определения качества и количества воды, необходимо сделать топографические изыскания с целью получить планы в горизонталях поселка, местности, где предполагается забор воды и соединяющей их полосы.

Также является полезным сделать предварительно и экономические изыскания, т.-е. выяснить цены на рабочие руки и материалы.

Литературные источники:

1) Проф. Соловьев.—Курс низшей геодезии: инж. И. Р. Левицкий — Курс геодезии, 1912 г.

2) М. З.—Материалы по водным изысканиям в Крыму—Гидрометрический Отдел под редакцией инж. Г. В. Федорова. 1916.

3) Dr-ing. Smreker.—Die Wasserversorgung der Städte; Handb. der Ingenieurwissenschaften, 1914.

4) Imbeaux et Debauve.—Ladistribution d'eau. 1905.

5) Ing. R. Müller.—Wasserversorgung mittlerer und kleiner Städte und Ortshaften, 2 Aufl. 1920.

ГЛАВА II.

Расходование воды в поселках и схемы водоснабжения.

§ 5. Расходование воды в поселках. Потребность поселков в воде будет зависеть от количества помещающихся в его границах населения N, от характера его планировки, от климатических условий, от степени развития в нем производств и др. факторов. Особенное значение в данном случае имеет планировка поселка. Если поселок расположен в пределах городской черты около каких-либо фабрик и заводов, то в нем вследствие ограниченности в земельной площади будут построены только жилые и общественные здания с небольшими садиками. Если же поселок будет устроен за городом, то он несомненно приобретет с.-хозяйственный характер, т.-е. в каждой усадьбе будут устроены огороды и фруктовые сады, служащие для питания живущего в ней населения.

Потребление воды в домах таких поселков может быть принято в 40—50 литров на человека в сутки при условии установки в зданиях водяных клозетов.

При среднем составе семьи в доме в 5 человек суточное количество воды, нужное для каждого дома, определяется в 200—250 литров.

Общая величина расхода воды на надобности жилых зданий поселка подвержена малым колебаниям и для практических целей может быть принята стационарной.

Если в будущем поселок может быть расширен, и нам в данный момент известно, какое количество жилых зданий может быть намечено на новой территории, то это должно быть заранее учтено при определении общего расхода поселка. Те же нормы (40—50 литр. на человека в сутки) могут быть приняты и для маленьких поселков (хуторов), состоящих из нескольких отдельных зданий. Так как в поселках сельско-хозяйственного характера населением будет содержаться домашний скот, то при определении расхода воды в поселках необходимо заранее учесть его количество.

С целью охарактеризовать потребление воды в селениях приведем немецкие нормы:

1) на человека в сутки — 50—60 литр., минимум 30 литр.;

2) на одну голову крупного скота — 50—60 литр.;

3) „ „ „ мелкого скота — 10—20 литр.;

4) на *кв. м* обработанной земли — 1,5 литр.

В тех поселках, которые приходится устраивать в засушливых районах, можно руководствоваться „голодными" нормами, выработанными в Италии. Так, по итальянским нормам, полагается:

1) на человека в сутки—10 литров (что уже исключает возможность пользования водяными клозетами);

2) на 1 лошадь — 50 литров;

3) на 1 быка — 30 литров;

4) на 1 овцу — 2 литра;

5) на 1 *кв. м* обработанной земли — 1 литр.

Таким образом, при определении количества воды, потребной для поливки огорода, требуется норму в 1—1,5 литр. на *кв. м* помножить на площадь огорода, находящегося в распоряжении отдельного дома. Если принять эту площадь в 200—400 *кв. м*, то легко видеть, что для поливки огорода потребуется 200—600 литр. воды, т.-е. почти 2—3 раза больше, чем для водоснабжения жилого дома.

Такой большой расход воды для поливки огородов заставляет использовать для этой цели дождевую воду в домашних дождевых цистернах, размер которых должен быть согласован с периодом произрастания огородных растений.

Этот прием в СССР находит себе применение в южных областях. При устройстве поселка приходится еще установить нормы для поливки улиц, площадей и парков. Такой нормой при поливке

Таблица № 4.

Название общественного здания.	Потребление воды в литрах в сутки.
Бани на 1 человека	100—125
Больницы	120—150
Скотобойни на 1 голову скота:	
a) крупного	300—400
b) мелкого	150—200
Общественные прачечные на 1 кг. сухого белья.	400
Школы на 1 ученика в день	2—5
Рынки на 1 кв. метр. застроенной площади	5

1 *кв. м* можно считать 1—1,5 литр.; при двух поливках в сутки 2—3 литр. Зная общее количество поливаемой площади в поселке, не трудно определить потребное для поливки количество воды.

Помимо этих расходов воды, в поселке придется еще затрачивать известное количество воды на общественные надобности. Эти нормы приводятся нами в таблице 4.

Если в поселке будут организованы какие-либо производства, то для них необходимо при разработке проектов установить потребное количество воды, зависящее от об'ема и характера оборудования фабрики или завода и от выбора рода двигателя.

Для характеристики этих расходов приведем таблицу 5.

Таблица № 5.

Название двигателя.	Потребление воды в литрах в сутки.
Паровые котлы на 1 индикатор. лошадиную силу в час.	
A. Для машин без холодильника:	
a) малых (давл. пара p не >6 *at*) .	25 — 35
b) средних („ „ p „ >7 *at*) .	14 — 17
c) compaund („ „ p „ $>6—8$ *at*)	13 — 16
B. Для машин с холодильниками:	
a) средних	12 — 14
b) compaund	7 — 10
c) тройного расширения	6 — 7
Примечание. Для холодильника требуется 25—30-кратное количество воды при неиспользовании обратной воды; в противном случае 8—15-кратное количество.	
Газовые двигатели:	
a) на 1 кб. метр потребляемого газа . .	40 — 60
b) на действительную лошадиную силу в час	40 — 50
Керосиновые двигатели на одну действительную лошадиную силу в час	40 — 50

Принимая, что одни учреждения работают в течение 8 часов (бани, бойни, прачечные), а другие в 2 смены по 8 часов в каждой (больницы, фабрики), можно установить секундные расходы для общественных надобностей.

После исчисления всех отдельных расходов воды на различные надобности в поселке мы можем получить общее количество воды для всего поселка в сутки — Q. Но этот расход воды в течение различных часов дня неодинаков и падает в ночное время до нуля. Поэтому на практике давно установили, что максимум расхода в течение дня превышает среднее часовое потребление в 1,5—2 раза.

Также в течение года встречаются дни наибольшего потребления, превышающие среднее дневное потребление воды в 1,2—1,5 раза. Поэтому для оценки колебаний в течение дня и года в русской практике увеличивают расход в два раза.

Таким образом, расчетный расход (в сек) — определится по формуле (1).

$$q_0 = \frac{2\ Q}{24 \times 3600} = \frac{Q}{43200} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1).$$

Количество воды, необходимое для тушения пожаров, составляет вообще незначительную часть общего годового потребления воды (2—5%). Оно обыкновенно устанавливается числом одновременно действующих гидрантов n, выбрасывающих известное количество воды в минуту q_i. Для поселков можно принять $n = 2$, а $q_i = 500—600$ литров в минуту. Таким образом, общее количество воды для пожаров равняется 1000—1200 литр. в минуту или 16,66—20 литр. в секунду. Но особенностью вопроса о тушении пожаров является необходимым подавать большое количество воды в течение незначительного количества времени (2—4 часов), что для поселковых водоснабжений, расходующих для своего повседневного потребления величины, близкие к пожарному расходу, имеет большое практическое значение. Поэтому представляется целесообразным количество воды, нужное для тушения пожаров, скоплять в уравнительных резервуарах или баках водоемных зданий или подавать воду прямо в сеть путем усиления работы насосов. В некоторых случаях возможно устройство специальных пожарных прудов и организации добровольной пожарной команды.

Вследствие этого нет надобности количество воды, нужное для тушения пожаров, вводить в общее количество воды для питания поселка.

Литературные источники.

1) **Проф. В. Ф. Иванов.** — Города-сады и поселки для рабочих, Ленинград, 1925.

2) **Проф. В. Ф. Иванов.** — Сбор дождевой воды цистернами. Наука и Техника, Одесса, 1925.

§ 6. Схемы водоснабжения. После окончания изысканий, устанавливающих положение и род источников водоснабжения для вашего поселка, мы можем перейти к составлению проекта водоснабжения поселка, используя при этом все местные условия в целях его удешевления.

Все водоснабжения поселка могут классифицироваться по следующим признакам:

a) по роду источника водоснабжения (атмосферные, речные, озерные, ключевые, грунтовые и артезианские);

b) по положению источника водоснабжения поселка (самотечные, напорные);

c) по способу очистки воды (отстойники, префильтры, фильтры);

d) по способу стерилизации воды (озонирование, обработка ультрафиолетовыми лучами, хлорирование).

Для характеристики самотечного водоснабжения возьмем такой случай, когда ключ (горный), лежит выше поселка, а вода в нем не требует очистки. Тогда схема водоснабжения будет состоять из сооружений для добывания воды из источника водоснабжения, для приведения воды в поселок и распределительной уличной сети (черт. 1).



Черт. 1.

Схема напорных водопроводов из источников водоснабжения, требующих очистки воды, значительно сложнее. Такие водопроводы состоят из сооружений: для добывания воды, для под'ема воды из источников водоснабжения на сооружения для ее очистки, для хранения очищенной воды, для под'ема очищенной воды в сооружение для регулирования расхода воды и давления в поселке и распределительной водопроводной сети (черт. 2).

ГЛАВА III.

Сооружения для добывания воды.

Использование различных источников водоснабжения для поселков обусловливает применение простейших конструкций, удовлетворяющих требованиям гигиены, но не вызывающих затраты значительных денежных средств.

§ 7. Сбор дождевой воды для поселков может быть осуществлен двумя способами: путем устройства дождевых цистерн и путем устройства водохранилищ (прудов).

Первый способ может быть применен только в южных частях СССР (Черноморское побережье, Крым, Кавказ, Кубанская обл.), где, вследствие

засушливого характера местности, этот прием является единственным решением, так как в этих районах нередко подземные воды залегают очень глубоко и при том по своему химическому составу являются непригодными для питья (напр., Одесский округ, где большинство артезианских скважин имеет значительные примеси хлористого натрия). Помимо СССР, дождевые цистерны часто встречаются в государствах, расположенных по берегам Средиземного моря (Франция, Италия, Алжир, Тунис, Марокко и пр.), а также в С. Ш. С. А.



Черт. 2.

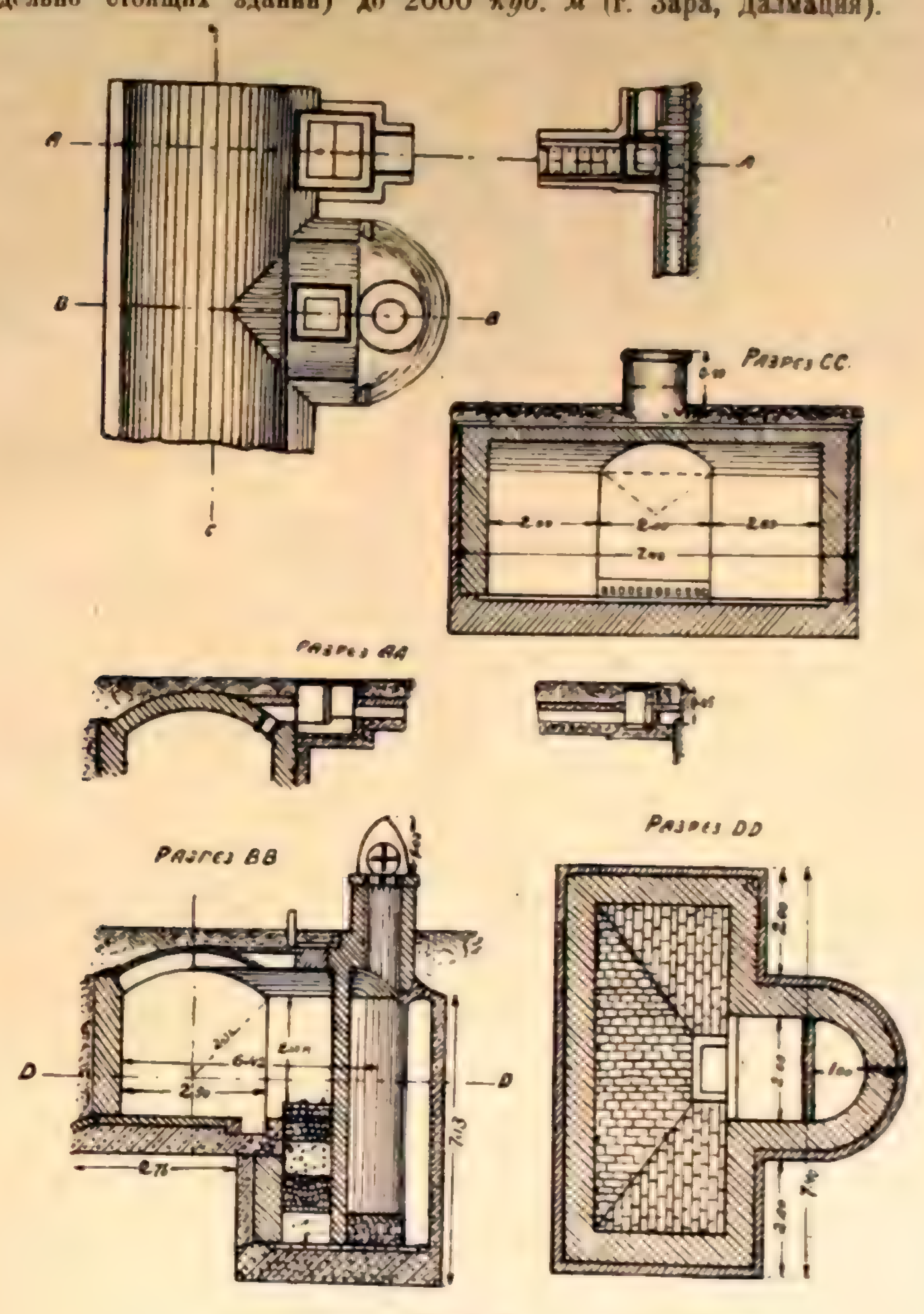
Из многочисленных конструкций цистерн приведем типы цистерны в Сицилии (черт. 3) и в С. Ш. С. А. (черт. 4).

В этом типе вода поступает чрез приемные отверстия в приводный канал, из которого она притекает в осадочный бассейн, но перед поступлением в него подвергается процеживанию чрез крупный гравий. Из осадочного бассейна вода поступает на фильтр, состоящий из слоев крупного и мелкого гравия и угля; из этого фильтра вода поступает в колодезь для забора ее ведрами. В целях водонепроницаемости стенок, цистерна обложена слоем мятой глины, толщиной в 0,25 *м*.

В американских цистернах (черт. 4) вода поступает в бассейн, где фильтрование производится посредством вертикальной цилиндрической колонки во время откачки воды насосом. Фильтровая колонка до высоты 0,5 *м* над подошвой непроницаема для воды, чем предотвращается забор не отстоявшейся воды. Фильтрующий материал состоит из слоев песку с уменьшающимися к центру труб зернами; подобное заполнение колонки достигается установкой соответственных цилиндров, вынимаемых по мере насыпки отдельных слоев. Колонка с течением времени загрязняется и может быть извлечена по частям для очистки. Сама цистерна имеет углубление для более легкого удаления чрез лазы осадков и снабжена водосливной трубой; количество воды, которое может быть собрано цистерной, — $Q = \mu h F$ . . (2), где μ — коэффициент стока с водосборной площади — равный 0,5—0,7; h — высота слоя осадков, и F — водосборная площадь в *кв. м.* Это количество Q должно быть больше потребления во время засухи M, так как необходимо иметь некоторый запас в цистернах на отстой и неподвижный слой, из которого не берут воды во избежание ее взмучивания. Наибольшее значение этого запаса можно определить в $^1/_3$; тогда при полезной глубине цистерны в 3 *м* и высоты отстоя в 1 *м* $Q = {}^4/_3\ M$ . . . (3). При желании ввести в емкость цистерны пожарный запас, формула (3) превращается в

$$Q = {}^4/_3 M + V \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (4).$$

Количество цистерн для поселка устанавливается в зависимости от принимаемой емкости, величина которой колеблется от 10 *куб. м* (для отдельно стоящих зданий) до 2000 *куб. м* (г. Зара, Далмация).

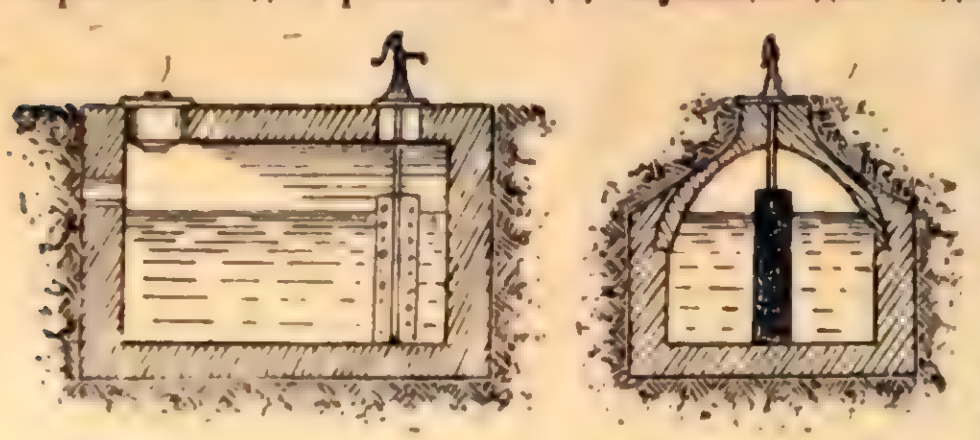


Черт. 3.

Устройство водохранилищ для водоснабжения поселков является целесообразным только в том случае, когда из него можно питать одновременно много поселков, городов и заводов.

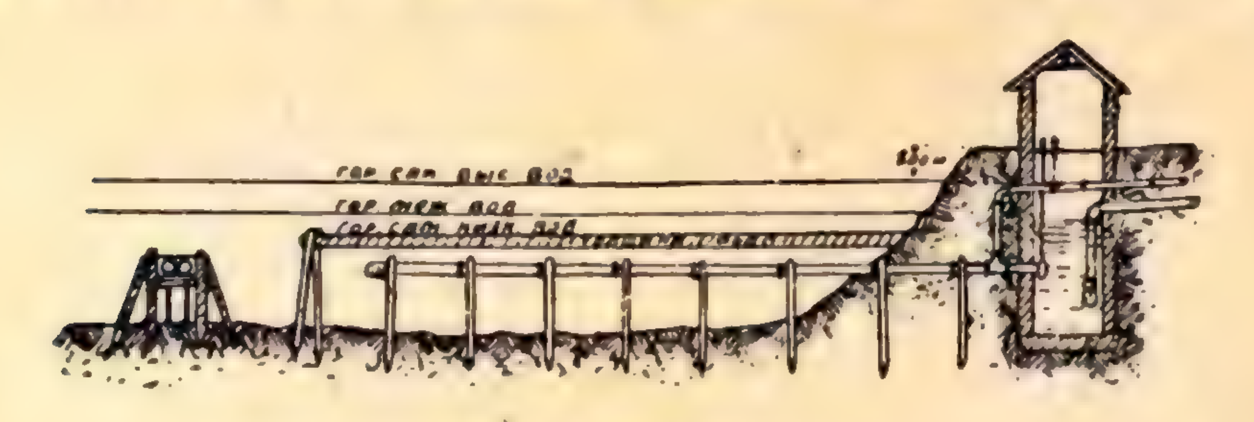
Особенно выгодным устройство водохранилищ для водоснабжения является в том случае, когда оно лежит выше поселков, вследствие

чего представляется возможным устройство гидроэлектрической установки и проведения в них электрической энергии. В практике СССР водоснабжение из водохранилищ встречается только для водоснабжения ж. д. станций. Кроме того, в СССР имеется еще одно горное водохранилище, служащее для водоснабжения и снабжения электрической энергией курорта Гагры. Вообще же для поселков этот тип водосборных сооружений не является выгодным, так как устройство водоудерживающей плотины требует значительных средств, а сама вода пред употреблением должна подвергаться предварительной обработке и очистке. Конструкции плотин отличаются большим разнообразием и, так как они почти ничем не отличаются от плотин для гидротехнических целей, то здесь мы не будем останавливаться на их описании и изложении приемов их расчета и отсылаем интересующихся этим к XV тому Энциклопедии строителя.



Черт. 4.

§ 8. **Добывание речной и озерной воды.** При добывании воды из рек необходимо располагать водосборные сооружения

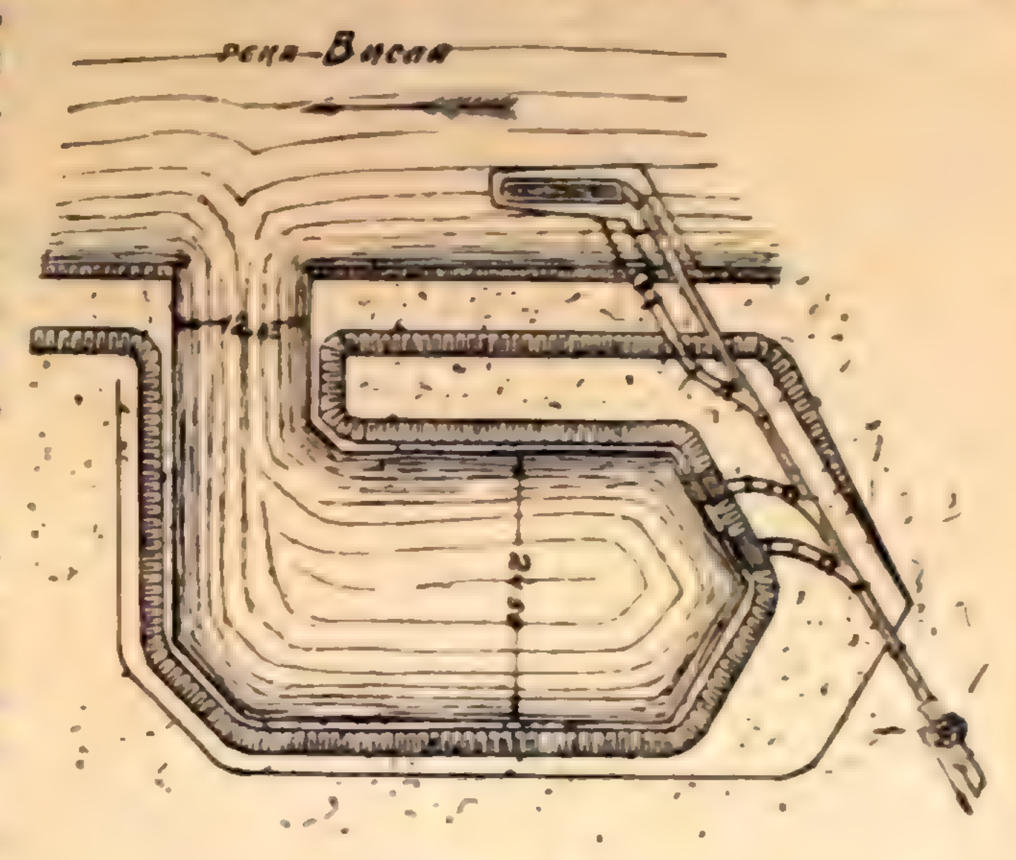


Черт. 5

всегда выше поселка и при том на таком расстоянии, чтобы в реки не вливались какие-либо сточные воды фабрик, заводов и деревень; место для забора воды должно быть выбрано на стрежне, по возможности, в прямом участке реки, во избежание подмыва сооружения. Конструкция речных водосборных сооружений весьма разнообразна, что об'ясняется наличием многих факторов, обусловливающих то или иное решение.

Прежде всего, желательно для речного водоснабжения выбирать мощные реки (Волгу, Днепр, Дон), в которых не приходится опасаться недостатка воды; в крайнем случае возможен и выбор рек средней величины (Москва), но здесь приходится считаться с требованиями судоходного надзора. Затем нужно ознакомиться с характером бере-

тов и ложа реки для того, чтобы защитить их от подмыва путем устройства обделки откосов (двойная мостовая, фашины, железобетонная обделка откосов). Конструкция речных водосборных сооружений сводится в большинстве случаев к прокладке ниже горизонта самых низких вод, под слоем образующегося на реках льда двойных самотечных труб или галлерей, приводящих воду в устроенный на берегу водоприемный колодезь (сделанный из бута, кирпича, бетона, железо-бетона), диаметром 2 *м*. Простейшая конструкция речного водоприемника показана на черт. 5.



Черт. 6.

Здесь самотечные трубы уложены на сваях; их конец загнут по течению и снабжен коническим патрубком; диаметр входного отверстия патрубка увеличен вдвое против диаметра трубы. Самотечные трубные линии желательно делать из керамиковых соляно-глазурованных труб, во избежание их зарастания водорослями, но это является удобным только при прокладке их по дну реки на каменной наброске; при укладке же самотечных труб на сваях приходится

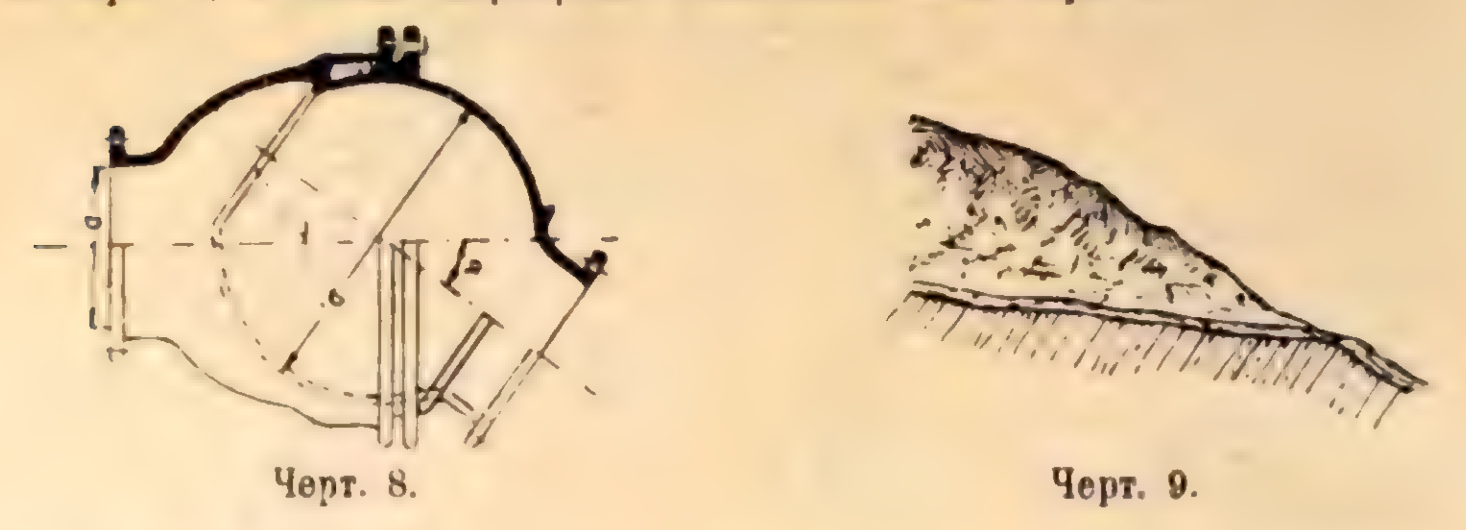

Черт. 7.

прибегать к прокладке чугунных (тонкостенных) труб и периодически их промывать обратным током воды из водоприемного колодца в целях удаления образующихся в таких трубах водорослей. В случае образования на реке донного льда, по опыту Варшавского водопровода, приходится делать в береге реки особый бассейн, из которого следует забирать воду в береговой колодезь. Устройство Варшавского бассейна показано на черт. 6.

При заборе воды из озер, имеющих крутые берега (напр., Байкал) можно пользоваться теми же приемами, что и при добыва-

нии воды из рек. Если же озеро лежит в болотистой местности (оз. Ладожское, Селигер и пр.), то для добывания воды на глубине, обеспечивающей водоснабжение в зимнее время, приходится отходить от берега на значительное расстояние (400—600 *м*). В таких случаях, в целях сокращения стоимости работ по прокладке самотечных линий, приходится прибегать к шарнирным трубам.

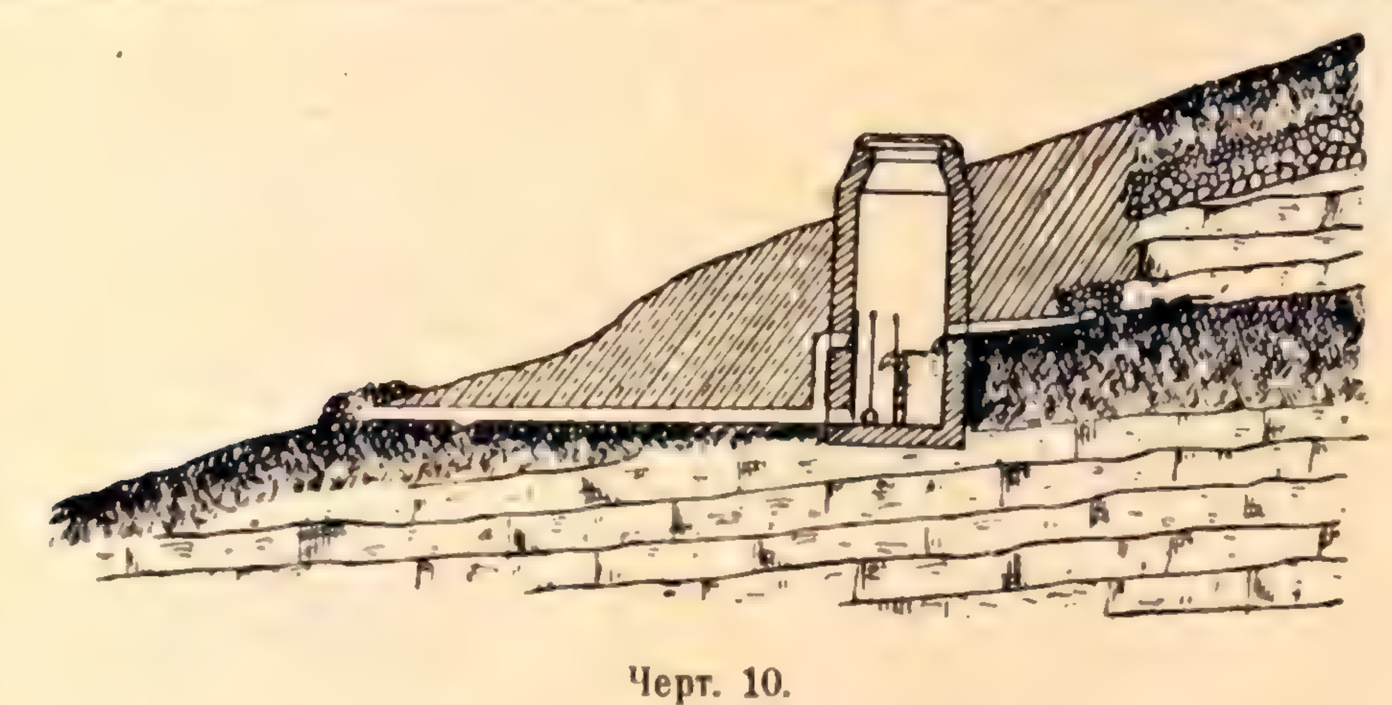
Схема озерного водоприемника с шарнирными трубами показана на черт. 7, а деталь шарнирного соединения — на черт. 8.



Черт. 8.

Черт. 9.

Устройство же озерных водоприемников на значительном расстоянии от берега по типу, выработанному долголетней практикой в северо-американских городах и намеченному по проекту Ладожского водопровода для Ленинграда, является неподходящим для поселков, вследствие их высокой стоимости.

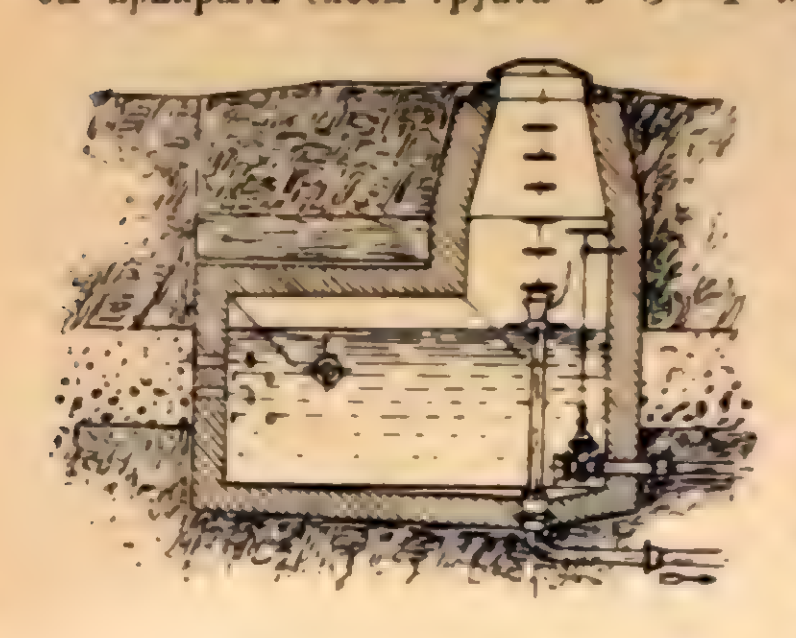


Черт. 10.

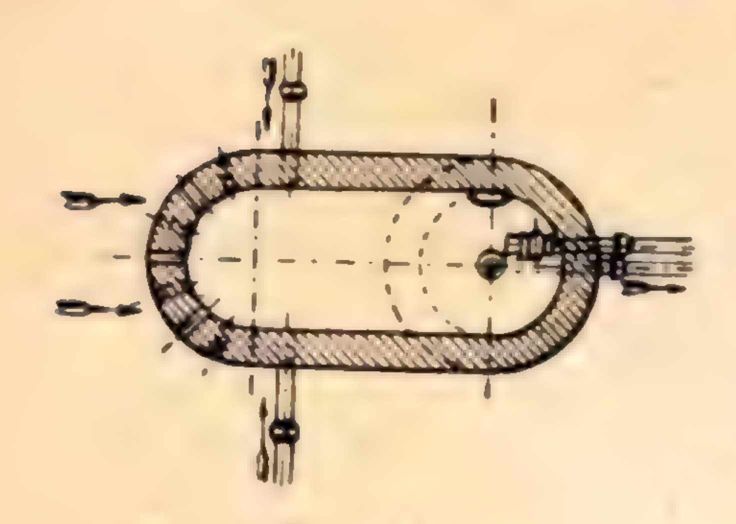
§ 9. Каптаж ключей. Каптаж ключей не должен нарушать их естественного течения по водонепроницаемому пласту, чтобы не вызывать подпора, в результате чего ключ может найти себе другой выход, а сама ключевая камера останется без воды; это имеет значение для нисходящих ключей, спускающихся по откосам водонепроницаемых пластов. Простейший случай выхода нисходящих ключей изображен на черт. 9. Помимо этого, необходимо при устройстве каптажных камер заботиться, чтобы в нее не проникали атмосферные воды, и чтобы

не было возможности загрязнения ключевой воды людьми и животными. Схема хорошего каптажа горного ключа показана на черт. 10.

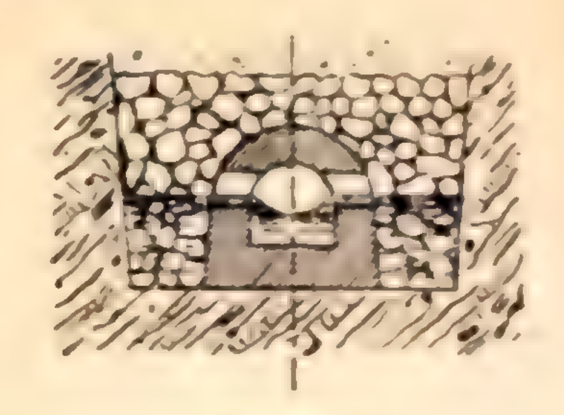
Здесь каптажная камера отодвинута вглубь от места естественного выхода ключа с таким расчетом, чтобы глубина ключевого потока была бы прикрыта слоем грунта в 3—4 *м*. Вода притекает в камеру по



дренажной трубе и осаждает в ее первой части все вносимые ею примеси, а из второй попадает в отводную трубу. Для спуска осадков и излишней воды устроены водосливная и спускная труба, запертая задвижкой. Для защиты ключевого каптажа от поверхностных загрязнений естественный грунт вынут и заменен утрамбованной глиной. Каптаж восходящих ключей, притекающих в сборную камеру под напором по дренажным трубам, показан на черт. 11.



Черт. 11.

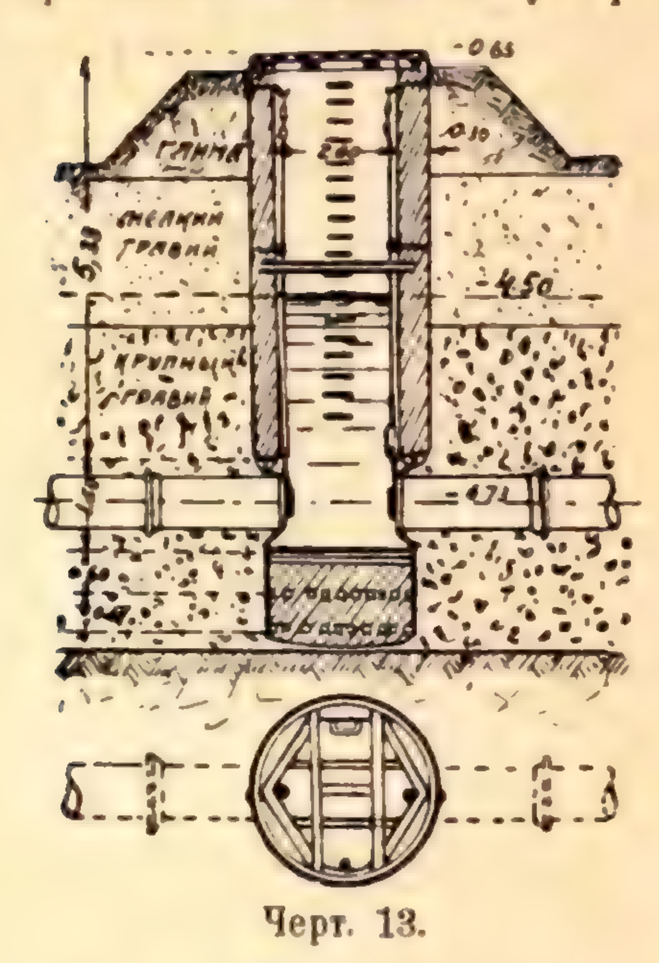


Черт. 12.

§ 10. Добывание грунтовой и артезианской воды. Ознакомившись с простейшими конструкциями ключевых камер, перейдем к рассмотрению сооружений для добывания грунтовой воды. Здесь мы считаем нужным подчеркнуть, что при каптаже грунтовых вод мы должны по гигиеническим соображениям стремиться к использованию второго водяного слоя, залегающего в большинстве случаев на глубине 6—15 *м*. Сбор грунтовой воды производится двумя родами сооружений: горизонтальными (трубами, галлереями и штольнями) и вертикальными (колодцами). В том случае, когда мы должны улавливать маломощные подземные потоки или воды, протекающие по трещинам горных пород, следует прибегать к горизонтальным сооружениям. В остальных же случаях выгоднее прибегать к вертикальным сооружениям (колодцам малых диаметров). Для устройства дренажных трубных линий употребляют бетонные, керамиковые и реже чугунные дырчатые трубы. В простейших же случаях вместо труб складывают каналы из бутового камня

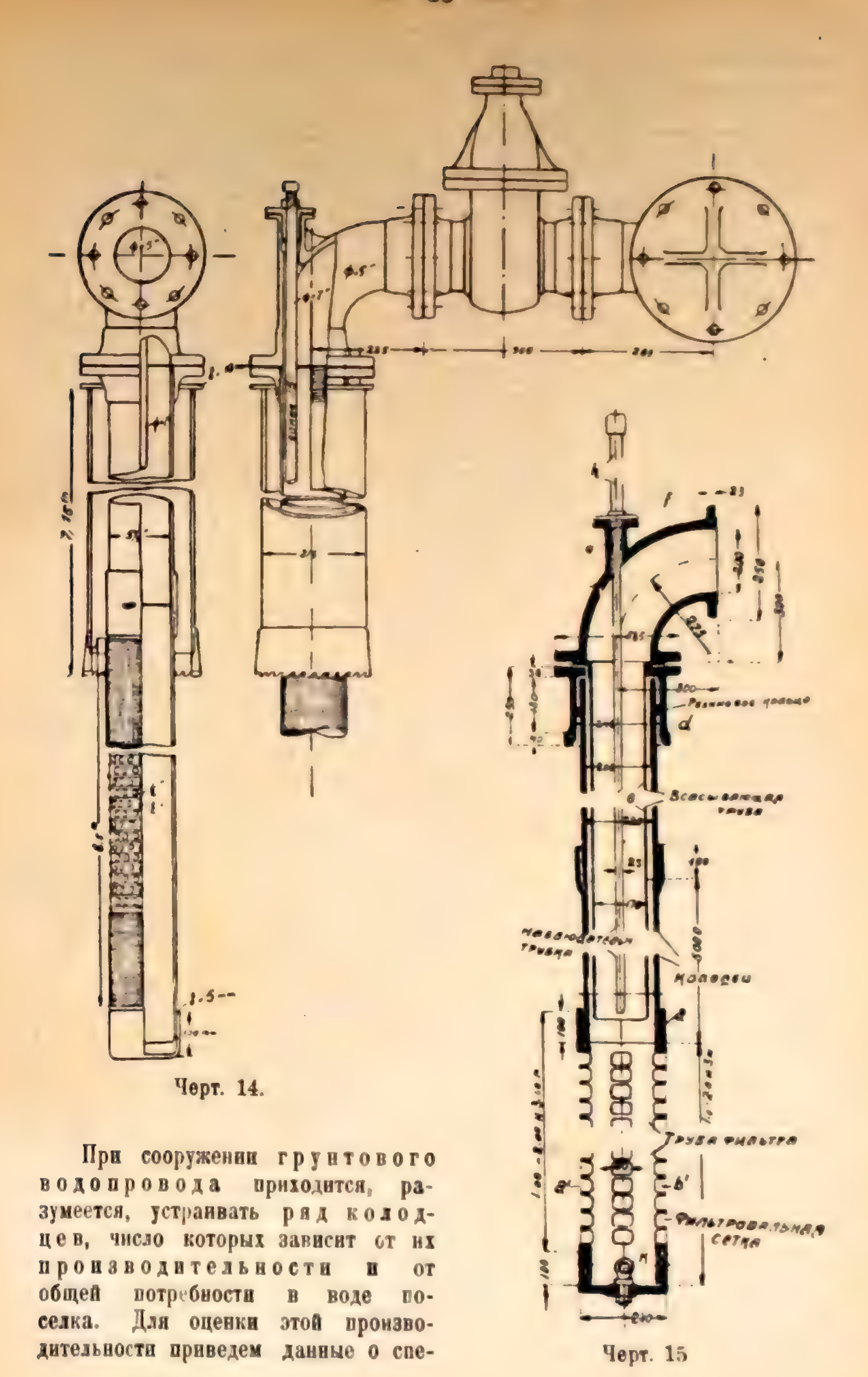
и кирпича. Пример дренажа из бетонных труб, примененного для г. Парижа, показан на черт. 12. На дренажных или трубных линиях необходимо на среднем расстоянии до 100 *м* устраивать смотровые осадочные колодцы с затворами, позволяющими их периодическую очистку от выносимого по трубам песку (черт. 13). Устройство горных галлерей является дорогим для поселков СССР, вследствие чего мы и не приводим здесь их конструкций.

Простейшим типом вертикальных водосборных сооружений являются абессинские колодцы, которыми каптируются первый водоносный слой. Поэтому по санитарным соображениям необходимо их устраивать вне полосы загрязнений. Их большое преимущество — быстрота их устройства (1—2 дня), но при их применении исключается устройство центрального водопровода, вследствие чего на описании их конструкции мы останавливаться не будем. Для поселков имеют значение бруклинские колодцы, позволяющие при благоприятных местных условиях обеспечивать поселки здоровой водой в достаточном количестве. Из многочисленных типов бруклинских колодцев даем описание двух конструкций, как наиболее пригодных для практических целей. Первый тип (черт. 14) представляет из себя железную трубу, диам. 200 *мм*, с фильтром, диам. 125 *мм*. Самый фильтр представляет собой дырчатую трубу, между отверстиями которой навита железная проволока; эта проволока обтянута медной сеткой. Благодаря такой конструкции грунтовая вода поступает в колодезь с малой скоростью, что препятствует поступлению песка в колодезь. Для наблюдения за уровнем воды в колодце он снабжен особой трубкой, диам. 25 *мм*. Другой тип, оправданный 40-летней практикой в Германии, носит название по имени конструктора — колодца Тима (Thiem) (черт. 15), примененного им впервые в городе Лейпциге.



Черт. 13.

Здесь фильтр представляет собой чугунную дырчатую трубу с выступами, наружным диаметром 186 *мм*, длиной 3 *м*, прикрытую оцинкованной латунной сетью. В этой конструкции выступы дают возможность притекать грунтовой воде в колодезь с малой скоростью. В соединенную с фильтром трубу опущена всасывающая железная или медная труба, диам. 100 *мм*. На повороте всасывающей трубы установлен запорный вентиль на случай выключения колодца. Колодезь Тима имеет, подобно вышеописанной конструкции наблюдательную латунную трубку, служащую для контроля уровня воды и взятия проб.



Черт. 14.

Черт. 15

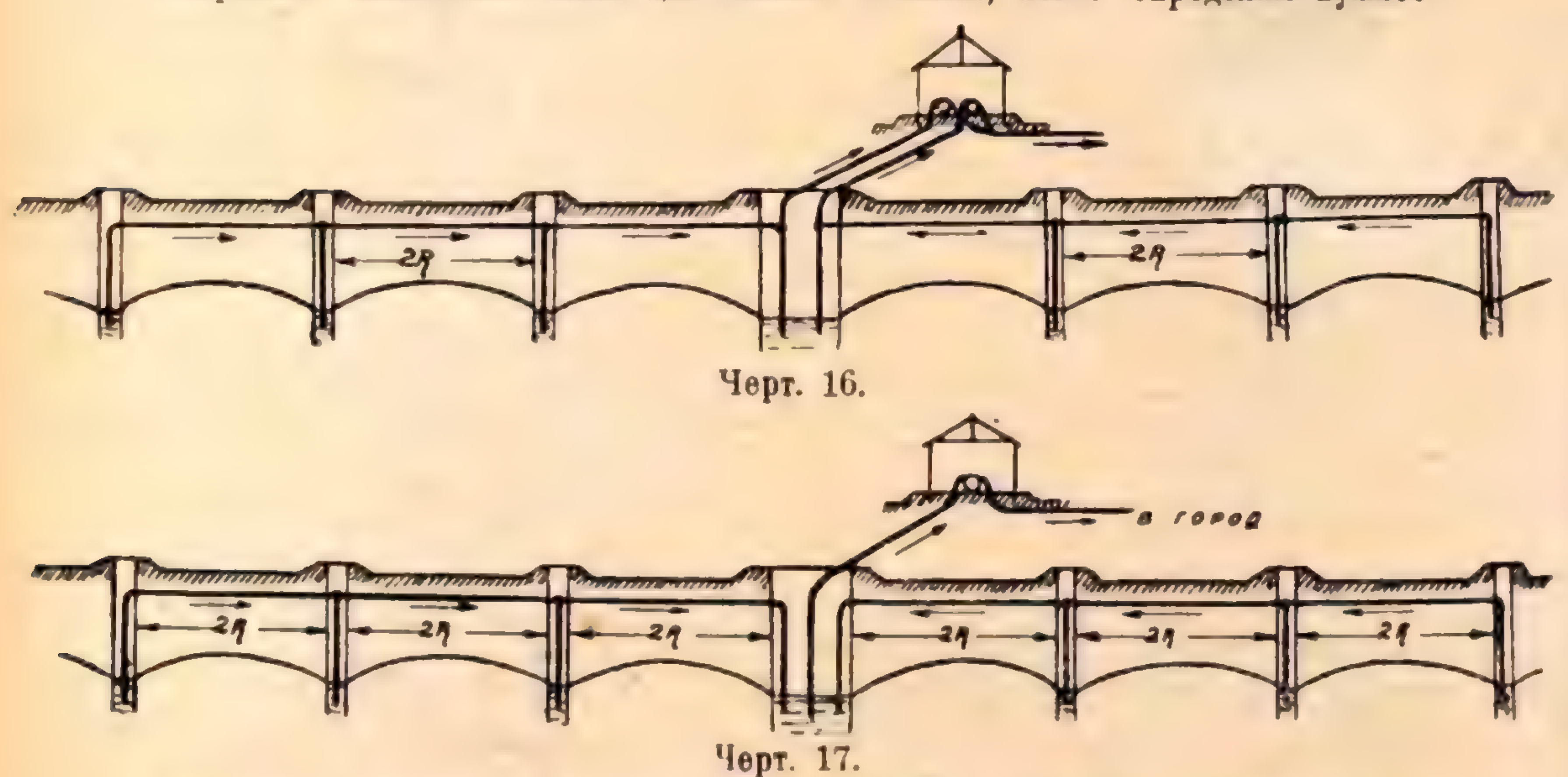
При сооружении **грунтового водопровода** приходится, разумеется, устраивать **ряд колодцев**, число которых зависит от их **производительности** и от общей потребности в воде поселка. Для оценки этой производительности приведем данные о спе-

цифическом расходе скважин г. Риги и полученные нами данные в г. Камышине (табл. 6).

Таблица №6.

Название города.	Производительн. скважин в лит. в секунду.	Специфический расход сек-лит. на один метр. скважин.
Рига	0,6	1,78
	3,2	1,78
	2,9	1,45
Камышин	4,57	7,50
	4,90	6,47
	18,90	5,90
	17,25	4,93
	17,90	4,90
	22,2	4,55

Когда мы путем пробной откачки установили производительность скважины и расстояние между ними (на практике от 8—10 до 20 *м*), то, зная потребное количество воды для нашего поселка, легко определим нужное



Черт. 16.

Черт. 17.

количество скважин; к этому количеству нужно прибавить 10—20% для запаса, чтобы иметь возможность выключать скважины на случай ремонта или удаления из них песку. Вода из скважин может быть доставлена к насосному зданию или путем закладки в них в с а с ы в а ю щ и х или с и ф о н н ы х труб.

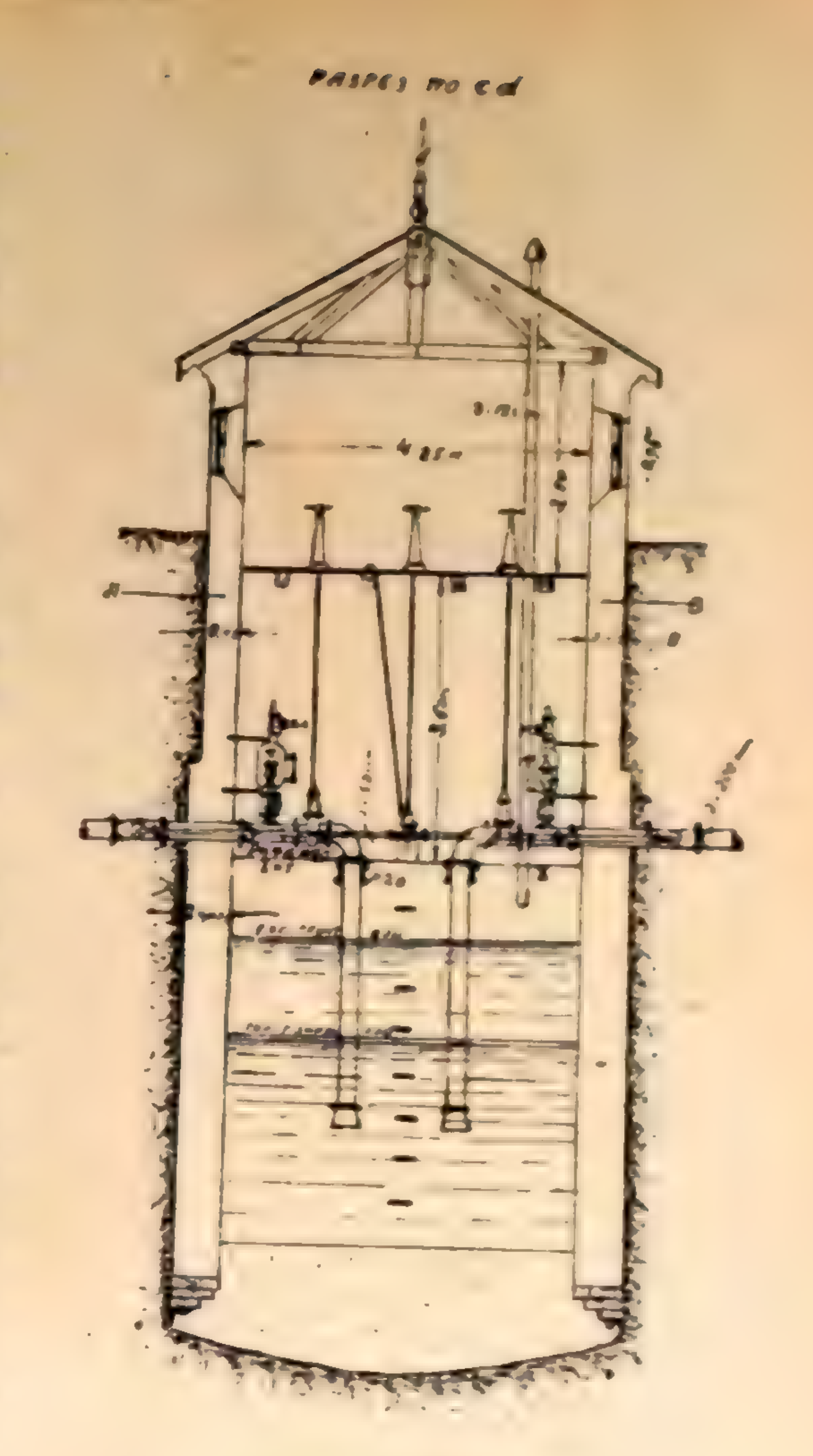
Применение сифонных труб заслуживает внимания, так как в этом случае работы по их укладке ведутся в сухих грунтах. Схема соединения колодцев всасывающими трубами показана на черт. 16, а сифонными трубами — на черт. 17.

При применении сифонов приходится устраивать **сборный колодезь**, куда притекает вода из колодцев и откуда выкачивается по всасывающим трубам **насосами**.

Конструкция такого колодца показана на черт. 18.

Сборный колодезь имеет диаметр 4,26 *м* и снабжен для облегчения опускания ножом. В него входят две сифонные трубы, диаметр 200 *мм*, снабженные воздушными колпаками, и две всасывающие трубы, диаметр 150 *мм*, от насосов, установленных в водопод'емных зданиях. Кроме того, для заливания водой сифонных труб, в сборный колодезь введена труба, диам. 50 *мм*, соединенная с напорной линией и сифонными трубами; в пунктах соединения этой трубы с напорной и сифонными трубами установлены задвижки. Благодаря такому устройству перед пуском насосов в ход можно путем открытия соответственных задвижек залить сифоны и всасывающие трубы водой. Сборный колодезь имеет надстройку в виде будки с двумя окнами и входом. Над уровнем скопляющейся в сборном колодце воды устроен разборный пол из рифленого железа.

Колодцы большого диаметра (Николаев, Зи-

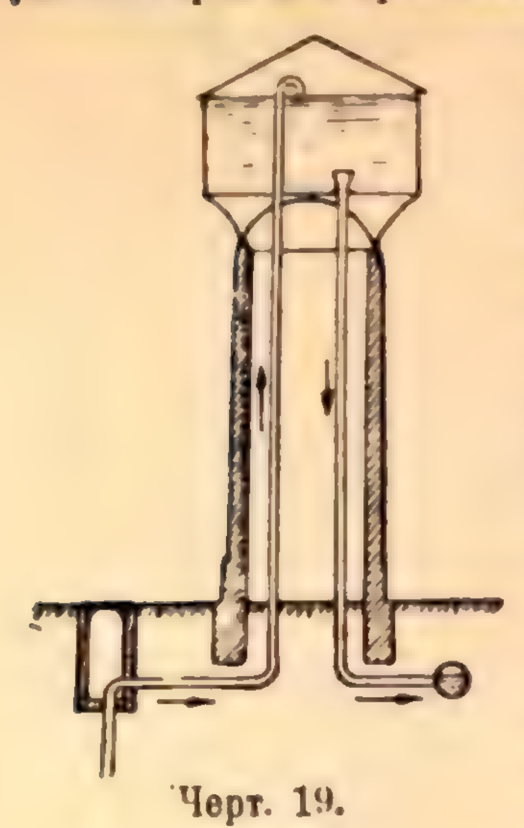


План по АВ

Черт. 18.

новьевск) устраиваются из каменной кладки, бетона и чугуна; для их устройства приходится прибегать к опусканию на большие глубины, что вызывает производство дорогих кесонных работ; поэтому этот способ, по нашему мнению, является неподходящим для водоснабжения поселков.

Устройство артезианских скважин при условии получения удовлетворяющей требованиям гигиены воды является в высшей степени желательным для водоснабжения поселков, но при условии заложения их на глубине не свыше 100 *м*; в противном случае расходы по устройству и эксплоатации скважин окажутся весьма значительными, так как стоимость скважин возрастает пропорционально глубине в третьей степени или по кубической параболе. Перед описанием конструкции скважин мы предложим нашу классификацию, об'единяющую все могущие встретиться на практике случаи.



Черт. 19.

Предлагаемая нами классификация основана на высоте под'ема артезианской воды в скважине. Первым и самым благоприятным случаем будет поднятие артезианской воды над поверхностью земли, позволяющей непосредственное истекание ее в баки и водоемного здания (черт. 19). Но подобный случай встречается на практике редко (Брянск, городской водопровод; Париж скважина Гренелль). Второй случай будет иметь место, когда артезианская вода изливается самотеком на поверхность земли. В этом случае из шурфа колодца скважины вода поступает в резервуар,



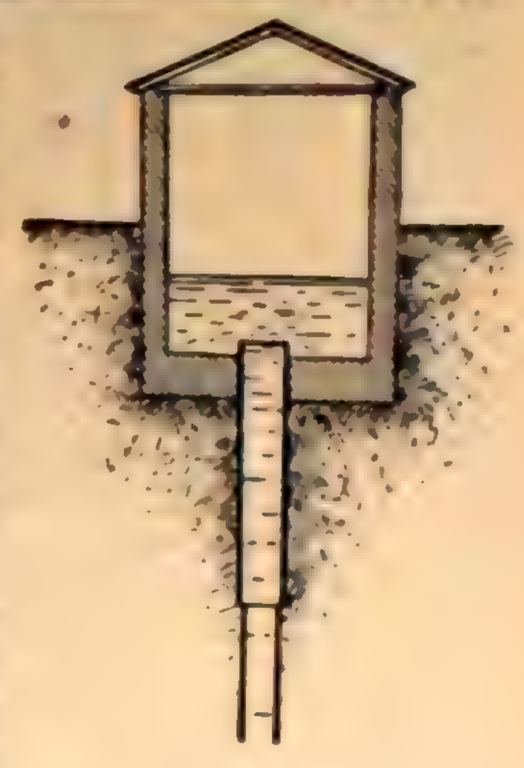
Черт. 20.

из которой выкачивается насосом (черт. 20). Такой случай в СССР имеется в Курске, Полтаве. Третий случай будет представлять вариант второго — вода также изливается в шурф, но на такой глубине, что для откачки воды из шурфа приходится ставить центробежный насос (подюрские скважины в Киеве на берегу Днепра, черт. 21).

Четвертый случай чаще всего встречается в практике: здесь вода находится на такой глубине, что для ее под'ема приходится прибегать к установке в самой скважине центробежного

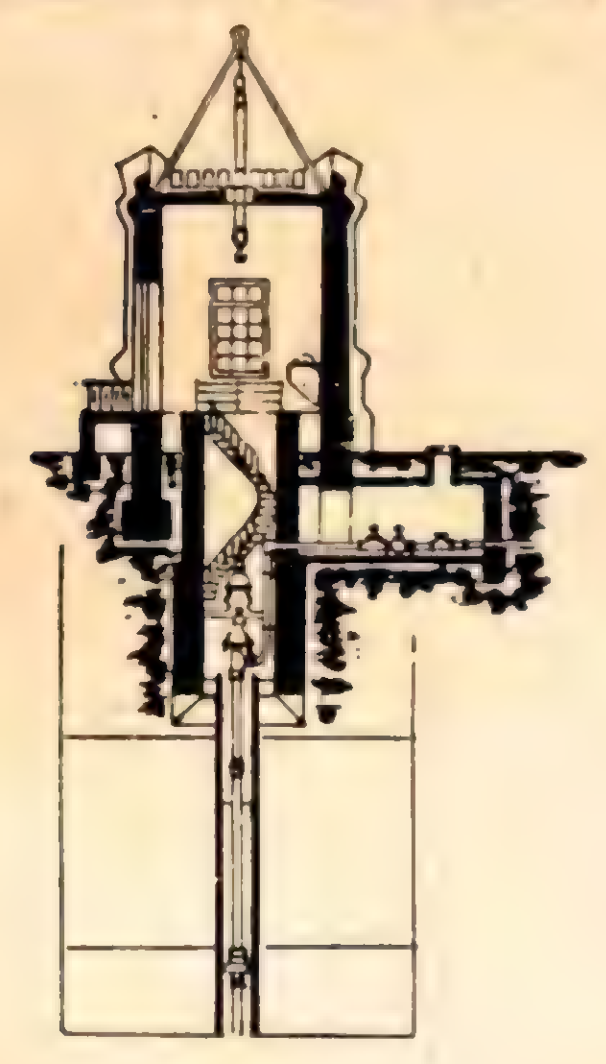
или штангового насоса (черт. 22 и 23), приводимого в движение электромотором, стоящим на полу скважинной будки.

Конструкция артезианской скважины представляет собой телескопическую трубу, т.-е., другими словами, скважину приходится начинать трубами большого диаметра и затем постепенно уменьшать их к концу, на которую насаживается дырчатая труба с медной сеткой, по своей конструкции близкая к фильтру для бруклинских колодцев, показанному на черт. 14. Диаметры верхних звеньев выбираются в зависимости от того, будет ли в ней поставлен насос или нет. В первом случае для установки насосов требуется диаметр трубы от 500 до 700 *мм.*

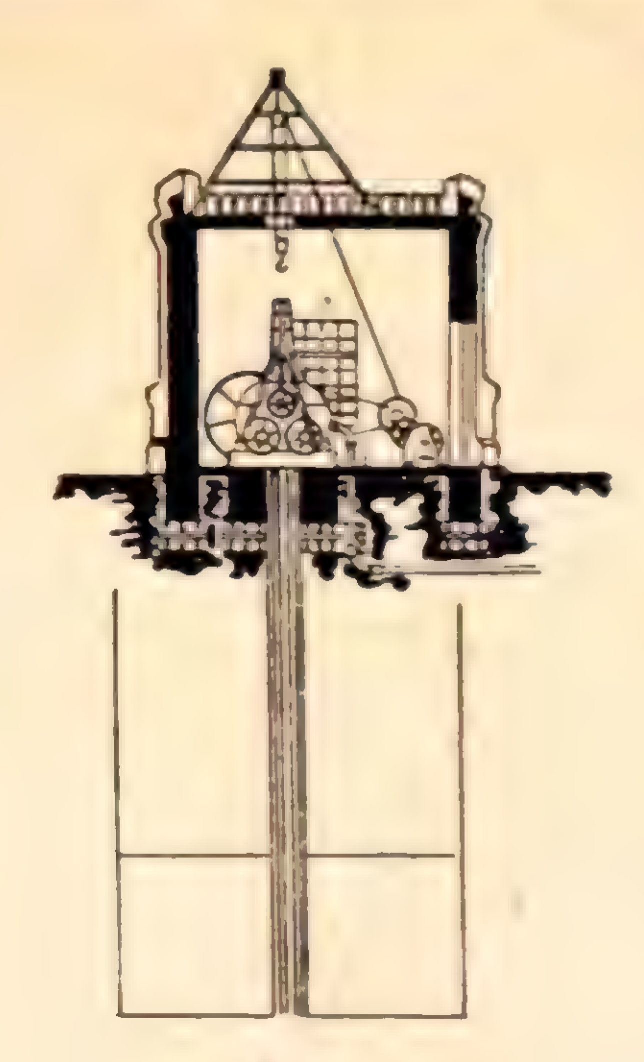


Черт. 21.

После таких диаметров применяют последовательно диаметры 400, 350, 300, 250 и 200 (фильтр); в самотечных скважинах можно начинать и с 400 *мм.* Подобная смена диаметров является пригодной для артезианских скважин, глубиной от 100 до 200 *м.* Число скважин в поселке, в особенности при оборудовании их штанговыми насосами, требующими постоянного ремонта (поломка штанг, смена манжет), должно быть не менее 2, даже в том случае, если производительность одной скважины удовлетворяет все потребности поселка.



Черт. 22.



Черт. 23.

Производительность артезианских скважин даже в пределах одного района подвержена большим колебаниям. Так, например, в Киеве производительность скважины колебалась от 400 до 2.500 куб. метр. в сутки. При устройстве водосборных сооружений приходится пропускать по самотечным, всасывающим и сифонным трубам известное количество воды; диаметр этих труб определится из простого выражения

$$q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5),$$

где v для всех этих случаев нужно брать в пределах от 0,6 до 0,8 *м.* Сопротивление на трение воды в трубах может быть определено по формуле Шези— $v = C\sqrt{RJ}$, где $R = \frac{\eta}{d} = \frac{d}{4}$ (гидравлический радиус), а коэффициент C определяется по старой формуле Куттера:

$$C = \frac{100\sqrt{R}}{b + \sqrt{R}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5\text{-a}),$$

где b для чистой воды принимается 0,25, а для воды из открытых источников водоснабжения в 0,3.

Для облегчения подсчетов, связанных с применением этой формулы, нами будут в дальнейшем приведены числовые таблицы и простейшие численные примеры для пользования ими.

Литературные источники:

1) **Проф. В. Ф. Иванов**.—Сбор дождевой воды цистернами, журн. „Наука и Техника", Одесса, 1925 г.

2) **Он же**.—Добывание речной воды, Строит. Промышл., 1926.

3) **Он же**.—Добывание озерной воды, Санит. Техн., Москва, 1926.

4) **Он же**.—Водоснабжение г. Нанси грунтовой водой, Изв. Киев. Политехн. Института, 1908.

5) **Он же**.—Водоснабжение г. Камышина грунтовой водой, II изд. 1917 г.

6) **Байков**.—Бурение на воду, 1926.

7) Проф. **Б. А. Правдзик**.—Водоснабжение, 1901.

8) **R. Müller**.—Wasserversorgung mittlerer und Kleiner Städte und Ortschaften. 2 Aufl. 1920.

9) **Heineman**.—Leitfaden und Normale Entwürfe f. der Aufstellung und Ausführung von Wasserleitungsprojekten für Landgemeinden 3 Aufl. 1922.

ГЛАВА IV.

Способы очистки питьевой воды.

§ 11. Классификация способов очистки питьевой воды. Выбор способов для очистки питьевой воды основан на свойствах воды источников водоснабжения. Можно определенно указать, что при использовании поверхностных источников водоснабжения приходится прибегать к ряду последовательных процессов по улучшению их качества, тогда как при использовании подземных вод приходится в некоторых случаях прибегать к освобождению лишь от солей

железа и марганца. При пользовании жесткими водами в промышленности прибегают к умягчению воды. Наконец, при пользовании водой из зараженных микроорганизмами источников приходится после ряда сложных процессов по очистке воды прибегать еще и к стерилизации воды. Для того, чтобы легче разобраться в этих многочисленных способах, из коих многие будут непригодны по своей сложности и дороговизне для поселков, мы приводим сначала классификацию способов очистки воды.

Классификация способов очистки питьевой воды может быть проведена следующим образом:

a) Механические способы для удаления из воды плавающих и тяжелых веществ (предварительные способы очистки),

b) Механические и химические способы для выделения из воды взвешенных веществ и микроорганизмов (предварительные способы очистки).

c) Механические и химические способы для фильтрации питьевой воды (способы фильтрации).

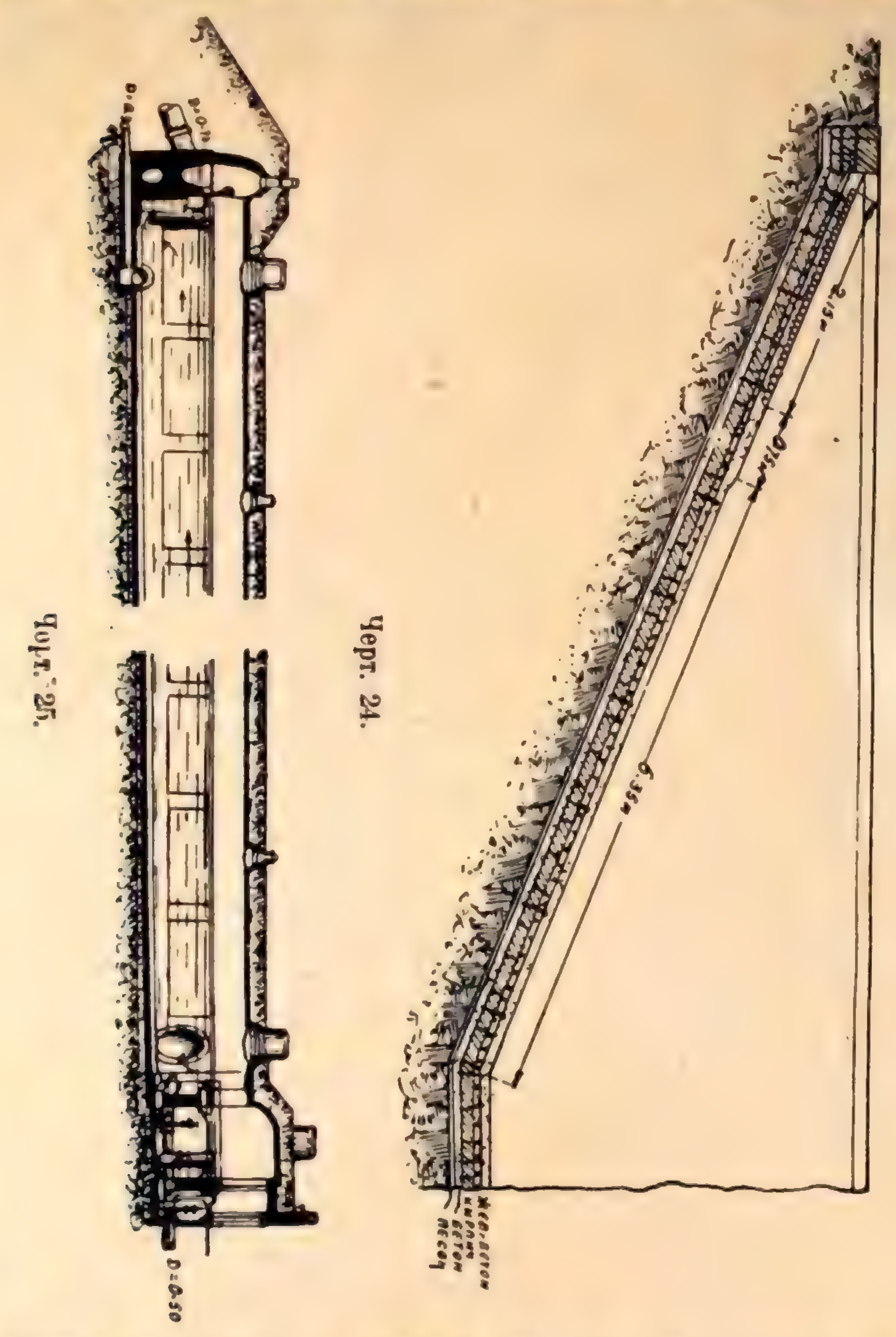
d) Физические и химические способы для стерилизации очищенной воды (способы стерилизации).

§ 12. Предварительные способы очистки питьевой воды. Удаление плавающих веществ основано на применении решеток и сит в различных частях водосборных сооружений, имеющих своим назначением воспрепятствовать их попаданию в корпус насосов. Меры эти заключаются в уширении приемных отверстий в самотечных трубах и в установке решеток и сит в водоприемных колодцах перед поступлением воды во всасывающие трубы насосов. В некоторых водоснабжениях (Ленинград, Житомир) с целью препятствовать попаданию в насосы плавающих мельчайших взвешенных веществ (рыбной икры), были построены специальные сеточные здания, в настоящее время вышедшие из водопроводной практики. Тяжелые частицы, встречающиеся в горных реках и ключах, осаждаются в осадочных бассейнах (Днестровский водопровод в Одессе) и камерах (см. главу III).

Переходя к описанию различных типов сооружений для очистки питьевой воды, мы считаем сначала нужным подчеркнуть, что, вследствие небольшого количества очищаемой воды в поселках, все очистные сооружения будут состоять из двух отделений, из которых одно будет работать, а другое явится запасным, составляя в данном случае 50% от всего сооружения. Это обстоятельство налагает обязанности на составителя проекта выбирать, по возможности, самые простые и недорогие конструкции для различных очистных сооружений.

Простейшим и стариннейшим способом предварительной обработки питьевой воды является отстаивание, под которым в настоящее время разумеется движение воды по бассейнам с очень незначительной скоростью. Впрочем, в Англии (гор. Лондон) отстойным бассейнам придают огромные размеры, с целью создать из них

сооружения для окончательной очистки воды, т.-е. такие сооружения, в которых достигается удаление 97—99% содержащихся в воде бактерий. Для этой цели вода пребывает в бассейнах от 35 до 50 дней, благодаря чему для поселков пришлось бы соорудить бассейны



Черт. 25.

Черт. 24.

с емкостью от 70.000 до 100.000 куб. метр., что является для них непосильным с экономической точки зрения.

Возвращаясь к употребляющимся в настоящее время на практике осадочным бассейнам, мы считаем нужным указать, что они могут устраиваться в виде открытых (Одесса) или закрытых (Москва, Ленинград, Днепропетровск и пр.) резервуаров. Открытые резервуары, устрой-

ство которых является возможным только в южных частях СССР, представляют собой бассейны, стенки и дно которых обделываются каменной кладкой, кирпичом, бетоном, железо-бетоном (черт. 24).

Закрытые осадочные бассейны представляют собой резервуары, перекрытые сводами или плоскими железо-бетонными перекрытиями.

По конструктивным соображениям каждый бассейн делится на части (4—5) столбами, на которых покоятся своды или же бетонные перекрытия, покрываемые земляной обсыпкой для предотвращения замерзания в них воды в зимнее время. Самым выгодным случаем будет тот, когда бассейн будет расположен в полу-выемке—полунасыпи, так как этим сокращается количество земли, отвозимой из котлована. Конструкция осадочного бассейна показана на черт. 25. Здесь, в целях равномерного осаждения, вода поступает по желобу, из которого изливается в бассейн.

Для его опорожнения во время очистки устраивается спускная труба, с которой соединена и сливная труба. Дно бассейна должно иметь уклон, обратный по отношению к движению воды; величина его делается от 1:200 до 1:250.

Основные гидравлические размеры осадочных бассейнов определяются из следующих уравнений $Q = v \cdot \omega$, где ω площ. попер. сеч. — v — скорость течения в 1 сек. Обозначим через

b—ширину, h—глубину.

Длина бассейна $L = vt.\ 3.600$ . . . . (6),

где t число часов отстаивания. В этих расчетах главным является выбор t, лучше всего устанавливаемый опытами. По современным данным t выбирается от 12 до 24 часов, в зависимости от свойств реки; при заборе воды из озера t уменьшается от 6 до 8 часов, v берется от 2 до 4 *мм* в сек., $h = 3—4,5$ *м*. Наивыгоднейшее соотношение между b и L рекомендуется брать от 1:2 до 1:3.

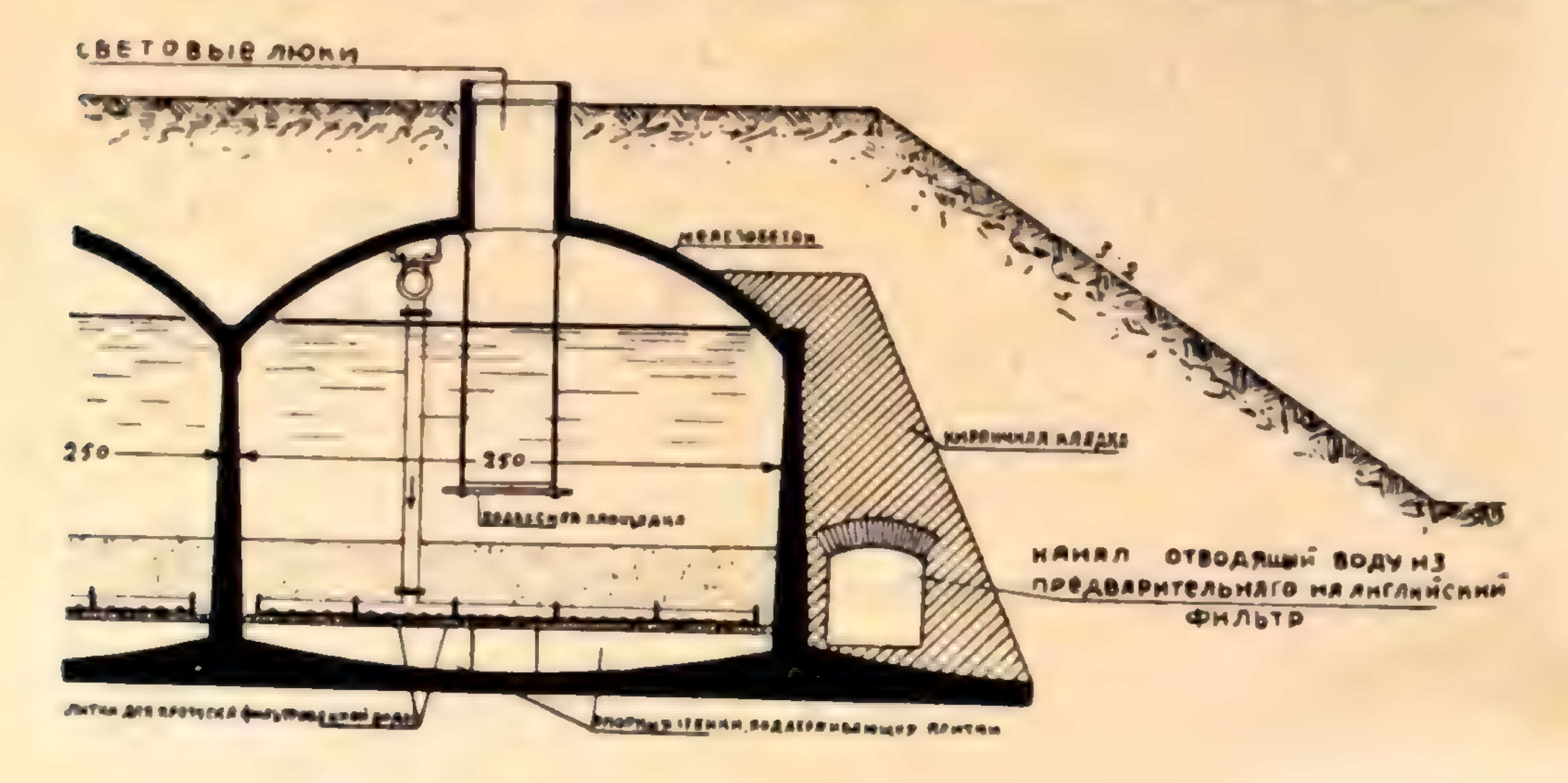
В целях сокращения размеров осадочных бассейнов, длина которых достигает на практике до 100 *м*, применяют то же отстаивание, но с добавлением химических реактивов, называемых коагулянтами. Эти коагулянты, соединяясь с находящимися в воде веществами, образуют хлопья, усиливающие процессы осаждения, благодаря чему время пребывания в бассейнах t сокращается до 2 часов.

В качестве коагулянта СССР и С. Ш. С. А. употребляют обыкновенно сернокислый глинозем — $Al_2\ (SO_4)_3$. Его изготовляют из белой глины путем обработки ее серной кислотой.

Продажная сернокислая алюминиевая соль обычно содержит около 50% $Al_2\ (SO_4)_3$ и около 50% воды. Этот коагулянт изготовляется в СССР на заводе б. Ушкова. Количество сернокислого глинозема, который приходится добавлять к воде, равняется, в среднем, 25—50 гр. на 1 куб. мет. воды (что составляет 50—100 гр. продажной поваренной соли).

Для интенсивного протекания коагуляции источник водоснабжения должен содержать в себе двууглекислый кальций или магний; вследствие введения в воду коагулянта всегда повышается е е о б щ а я ж е с т к о с т ь [примерно, повышение на 1°/$_0$ жесткости вызывается введением 20 гр. $Al_2(SO_4)_3$]. При коагуляции м я г к о й в о д ы в целях успешности протекания этого процесса приходится вводить в воду известковое молоко.

Само собой разумеется, что выпадение взвешенных веществ как в простых осадочных бассейнах, так и в бассейнах или баках, где к воде добавляется коагулянт, влечет за собой и выделение ч а с т и б а к т е р и й, содержащихся в сырой воде (20—30°/$_0$). К о а г у л я ц и я влияет благоприятно и на о к р а с к у воды. Так, в реках, протекающих среди болот, имеется много гуминовых веществ, которые придают воде желтую окраску;



Черт. 26.

введение соответственных, устанавливаемых опытом доз коагулянта, обесцвечивает воду, что было установлено и нашими опытами над водой р. Днепра в Киеве.

Для небольших количеств воды, имеющихся в водоснабжении поселков, будет достаточно о д н о г о б а к а, но по принципу непрерывности действия всех установок число таковых бассейнов д о л ж н о б ы т ь н е м е н е е д в у х.

Сами баки представляют собой деревянные, металлические или железо-бетонные цилиндры, диам. от 4 — 8 *м*, высотой от 8 — 10 *м*. Их размеры определяются расчетом по вышеуказанным формулам при $v = 2$ *мм*/сек. и $t = 2$ часа.

Конструкция осадочных бассейнов будет показана ниже в связи с американскими (скорыми) фильтрами, для которых они подготовляют воду. Помимо осадочных бассейнов с целью облегчения работы английских фильтров между отстойниками и фильтрами были введены п р е ф и л ь т р ы, в которых производилось п р о ц е ж и в а н и е в о д ы, пропускаемой через них со скоростью 1 — 5 *м*/ч а с. Из конструкций

префильтров приведем тип Рейзерта (Reisert), примененный у нас в Москве (черт. 26) еще в 1906 г. и сделанный из железо-бетона.

Префильтры или предварительные фильтры Московского водопровода построены в числе 16 на Рублевской станции, их пропускная способность была рассчитана на 50.000 *куб. м*, в сутки при $v = 1,5$ *м*/час; в настоящее время v — увеличена в 3 раза вследствие повышения пропускаемого чрез них количества воды. Размеры каждого фильтра: длина — 18 *м*, ширина 2,5 *м* и глубина 2,13 *м*. Загрузка фильтров состоит из четырех слоев: 1 слой, толщ. 0,40 *м*, гравий с размерами зерен 3—6 *мм*, второй, толщ. 0,10 *м*, с разм. зер. 6—10 *мм*, третий, толщ. 0,07 *м* с разм. зер. 10—15 *мм* и четвертый 0,08 *м* с разм. зер. 16—25 *мм*. Очистка префильтров от задержанных ими частиц производится обратным током воды снизу вверх из отстойника и продуванием сжатого воздуха (давл. в 1,5 *м* вод. столба), вызывающего взмучивание задержанных на гравии осадков. На продувание отделение сжатым воздухом требуется до 30 минут. Другие конструкции префильтров (напр., Пеша-Шабаля) вследствие своей сложности не являются подходящими для поселков.

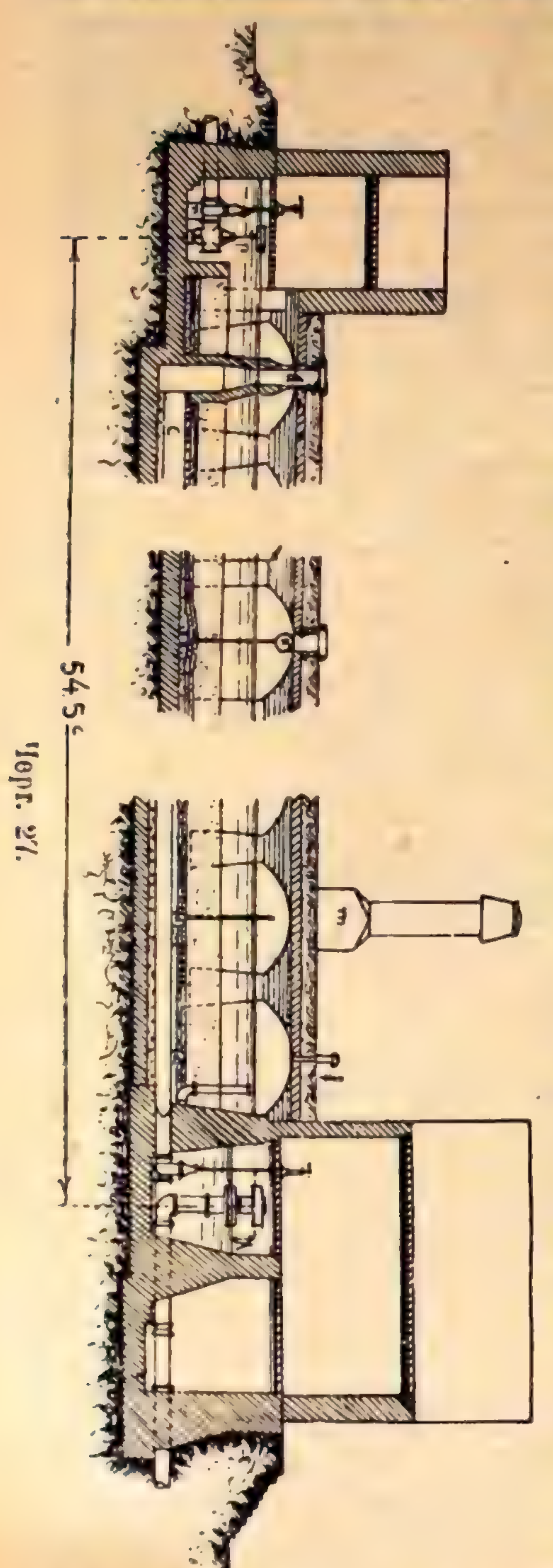
Эту роль могут играть и американские (скорые) фильтры, описание конструкции которых будет дано ниже.

После протока чрез отстойники вода направляется на фильтры.

§ 13. Способы фильтрации. Старым типом фильтров (1829 г.) являются английские фильтры, действие которых основано на пропускании воды чрез слой песку отстоявшейся, а в некоторых установках и префильтрованной воды со скоростью $v = 0,1$ *м* в час. Слой фильтрующего песку с размерами зерен от 0,3 *мм* до 1 *мм* должен быть по современным воззрениям не менее 0,8—1,2 *м*. В случае применения префильтров v увеличивается в 2,5—4 раза, т.-е. равняется 0,25—0,40 *м* в час (больший предел является подходящим для озерной воды, так как большие озера сами по себе являются природными отстойниками). Напор воды над фильтрами делается от 0,9 до 1 *м*. Фильтрующий песок в старых конструкциях во избежание его вымывания покоился на поддерживающих слоях крупно-зернистого песку и гравия, общей высотой около 0,4 *м*. Так, напр., в Московских фильтрах слой фильтрующего песка с зернами 0,3—1 *мм* (толщ. 1,07 *м*) покоится на 4 поддерживающих слоях: 1 слой, толщ. 4 *см*, песок с разм. зерен 1—2 *мм*, 3 слоя из гравия, толщ. 10 *см* каждый, из коих второй имеет размеры 2—4 *мм*, третий 4—8 *мм*, и четвертый 8—16 *мм*. Таким образом размеры зерен поддерживающих слоев подбираются таким образом, чтобы каждый нижележащий слой имел размеры зерен в два раза больше вышележащего.

Для сбора профильтрованной воды прежде под поддерживающими слоями устраивали дренажную сеть из кирпичных и бетонных каналов по поперечной или продольной системе: расстояние между второстенными дренажными каналами делалось в 2,5—4 *м*. Современной конструкцией являются железо-бетонные дырчатые плиты, обеспечивающие равномерное поступление фильтруемой воды чрез всю толщу фильтра (Москва). В результате пропуска подготовленной на одних отстойниках

или на отстойниках с префильтрами воды является освобождение от взвешенных веществ и задержание 97—99% бактерий. Такой высокий процент задержания бактерий основан не на задержании песчинками фильтрующего слоя, а образовании на поверхности фильтра тончайшей пленки, состоящей из коллоидальных веществ, водорослей, размеры которых измеряются в микронах (0,001 *мм*), а мельчайшие размеры песчинок имеют всего 0,3 *мм*. Поэтому, пока на поверхности фильтров не образуется созревшая пленка, на что требуется от 1—3 дней, фильтр не дает еще безвредной для здоровья воды, и фильтрат спускается по трубе в водосток. Только после созревания фильтра он пускается в работу. Периодичность его работы требует для фильтров не менее 2 отделений в поселковых водоснабжениях. Познакомившись с сущностью английской фильтрации, перейдем к описанию конструкции фильтров. Изображенный на черт. 27 представляет собой тип фильтра Московского водопровода.

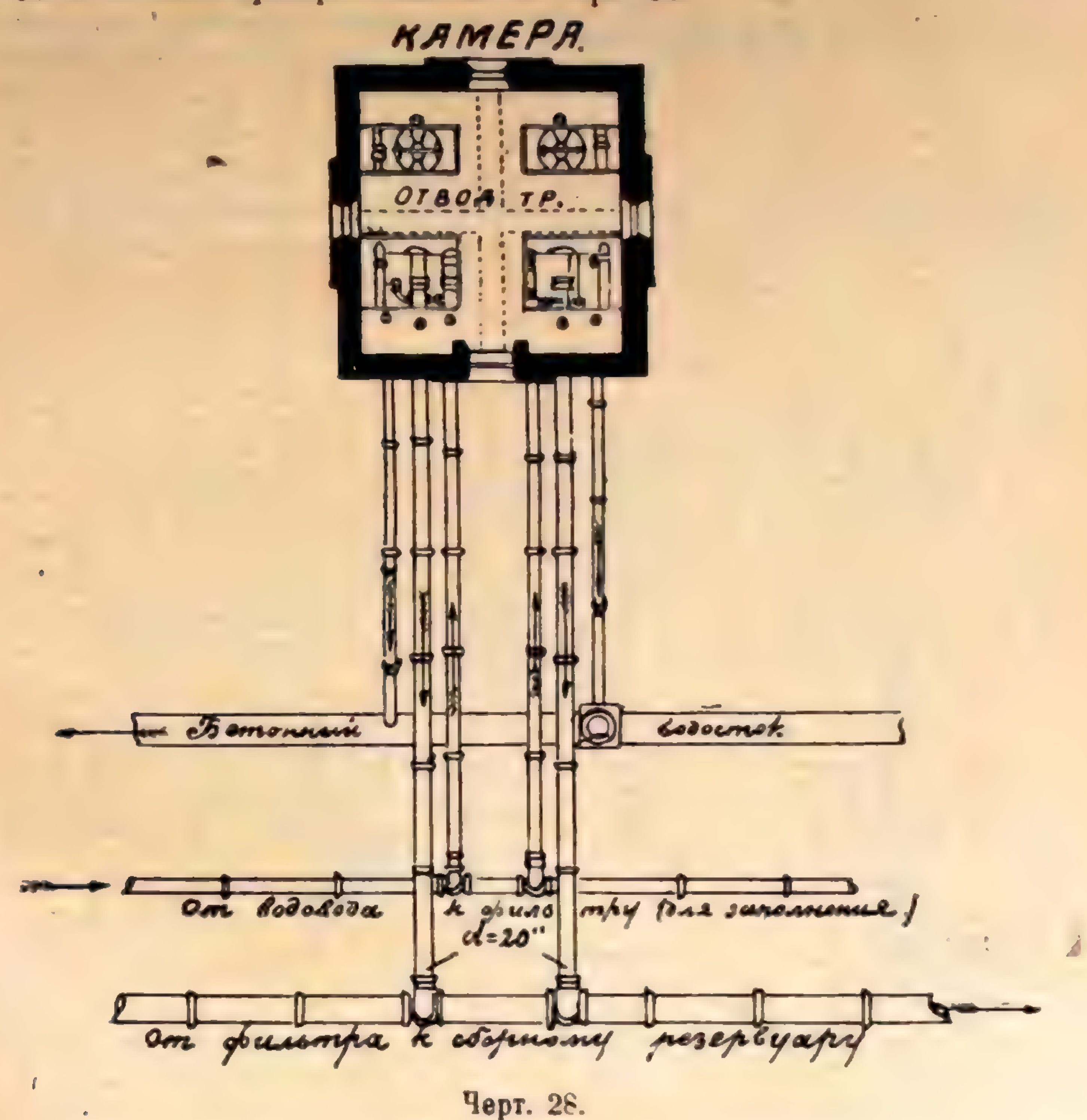


Черт. 27.

Здесь показано устройство дренажа еще по старой системе. Главный дренажный канал имеет в конце вентиляционную трубу (левая часть черт.) для привода воздуха в фильтр, на правой стороне установлена сливная труба для поддержания напора в определенных пределах. При входе на каждое отделение устроена особая камера, где сконцентрированы различные трубы и приборы, нужные для работы фильтра (черт. 28).

Приборы для напуска воды на фильтр имеют своей целью уменьшить скорость притекающей на него воды во избежание размыва фильтра. Для этой цели приводная труба во входной камере, имеющая скорость 0,8 *м*, разветвляется на две трубы того же диаметра, которые заканчиваются воронками с двойной площадью; в результате

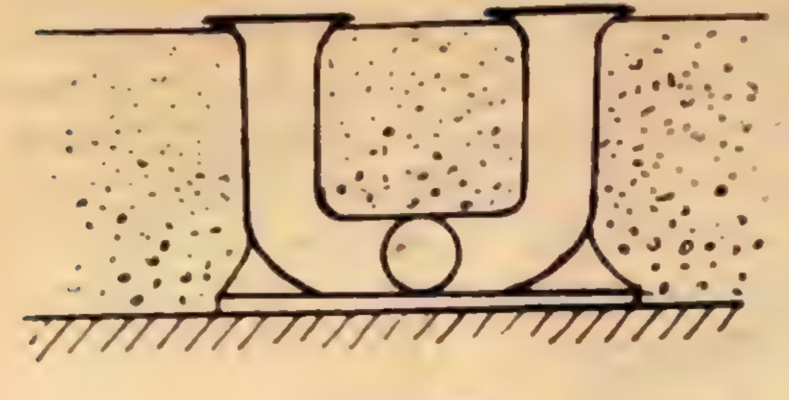
скорость притекающей воды на поверхность фильтра падает до 0,2 *м*. Если еще вокруг выходных отверстий сделать небольшую бетонную площадку, то опасности от размыва фильтрующего слоя песку не будет. Конструкция такой трубы показана на черт. 29. С целью регулировать выпуск воды на фильтры, так как по мере эксплоатации его плотность пленки возрастает, устраивают специальные приборы, дающие в результате равномерный исток воды из фильтра. Конструкция такого прибора показана на черт. 30.



Черт. 28.

Прибор состоит из медной вертикальной передвижной трубы, диам. 620 *мм*, положение которой уравновешено двумя, прикрепленными к верхнему концу, поплавками (общей площ. 1 *кв. м*). На 5 *см* ниже уровня воды в стенках трубы вырезаны два отверстия, высотой 8 *см* и длиной 44,5 *см*; длина отверстий может быть регулирована посредством кольцевых задвижек, благодаря чему можно пропускать через них любой расход. Подвижная труба скользит по неподвижной трубе, для чего сделан медный желобчатый сальник. Подвижная труба с поплавками уравновешивается накладыванием груза, благодаря

чему отверстия, через которые вытекает профильтрованная вода, находятся точно на определенном уровне под поверхностью. В каждом отделении фильтра необходимы (черт. 27 и 28):

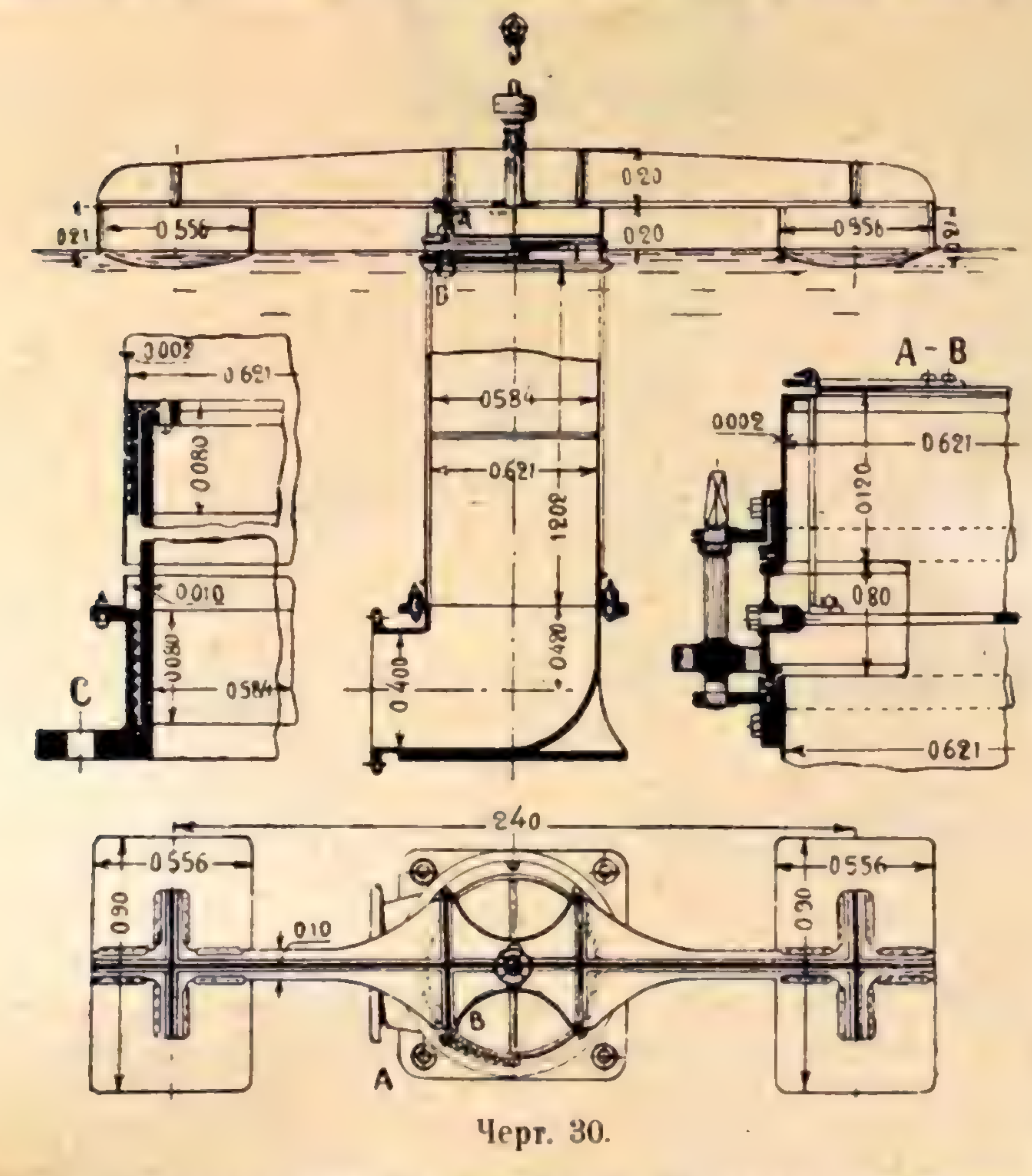


Черт. 29.

1) холостая (переливная) труба для поддержания напора воды на установленной высоте;

2) спускная труба для опорожнения фильтра во время чистки, запертая задвижкой во время его работы;

3) боковые вентиляционные каналы для пропуска воздуха, выходящего из фильтра при наполнении водою снизу; они, имея сечения 12,5 × 12,5 *см*, устраиваются на среднем расстоянии 3—5 *м*;



Черт. 30.

4) верхние вентиляционные каналы, устраиваемые в потолке фильтра, на среднем расстоянии 10 *м* и прикрываемые световыми люками; каждое из двух отделений фильтра, должно, в целях обеспечения нормальной работы, иметь все трубы и приборы, необходимые для их работы.

После каждой остановки фильтра приходится лопатами снимать с нее пленку, толщиной от 1 до 3 *см.* Пленку (грязный песок) собирают на поверхности фильтра в ручную и вывозят его в тачках по катальным доскам. В целях охраны чистоты фильтра рабочие, занимающиеся снятием пленки, получают специальные костюмы и сапоги от Упраления водопровода. Очистка фильтров от пленки делается 15—25 раз в году.

Для поселковых водоснабжений проще всего использовать находящийся вблизи песок, чтобы не иметь расхода на промывку песка, неизбежную для больших установок (Москва, Ленинград). Для этой цели имеются специальные мойки Хмелева, Кертинга и пр.

Американские (скорые) фильтры основаны на пропуске через фильтруюший материал отстоявшейся и коагулированной воды с большой скоростью от 3 — до 5 *м* в час. Коагулированная отстоявшаяся вода образует на их поверхности в течение 15—20 мин. механически необходимую для фильтрования пленку, вследствие чего они называются иногда механическими фильтрами. В С. Ш. С. А. эти фильтры появились по той причине, что используемые для водоснабжения реки влекли в своем составе много гуминовых веществ и мути, обязанных интенсивному размыву ложа и дна берегов.

Из многочисленных типов Американских фильтров в СССР нашли себе широкое применение фильтры Джуэля (Jewell) и Говатсона (Howatson)-Облапохина. Потеря напора в этих фильтрах достигает 4 *м*, но пленка, быстро образующаяся на их поверхности, настолько прочна, что не допускает ее прорыва. Срок их непрерывной работы один день; т.-е. каждый день их приходится промывать (раз — два) обратным током чистой воды, на что расходуется ее до 4—5%; на каждую промывку требуется затрачивать от 20 до 30 мин. времени. Самую промывку нужно производить в конце дня, чтобы выключение фильтра из работы совершалось во время наличности запаса воды в уравнительном резервуаре или водоемном здании. При наличности двух американских фильтров временное выключение одного из них из работы не встречает затруднений; установка двух фильтров является особенно важной для их работы во время прохода весенних вод или паводков по рекам.

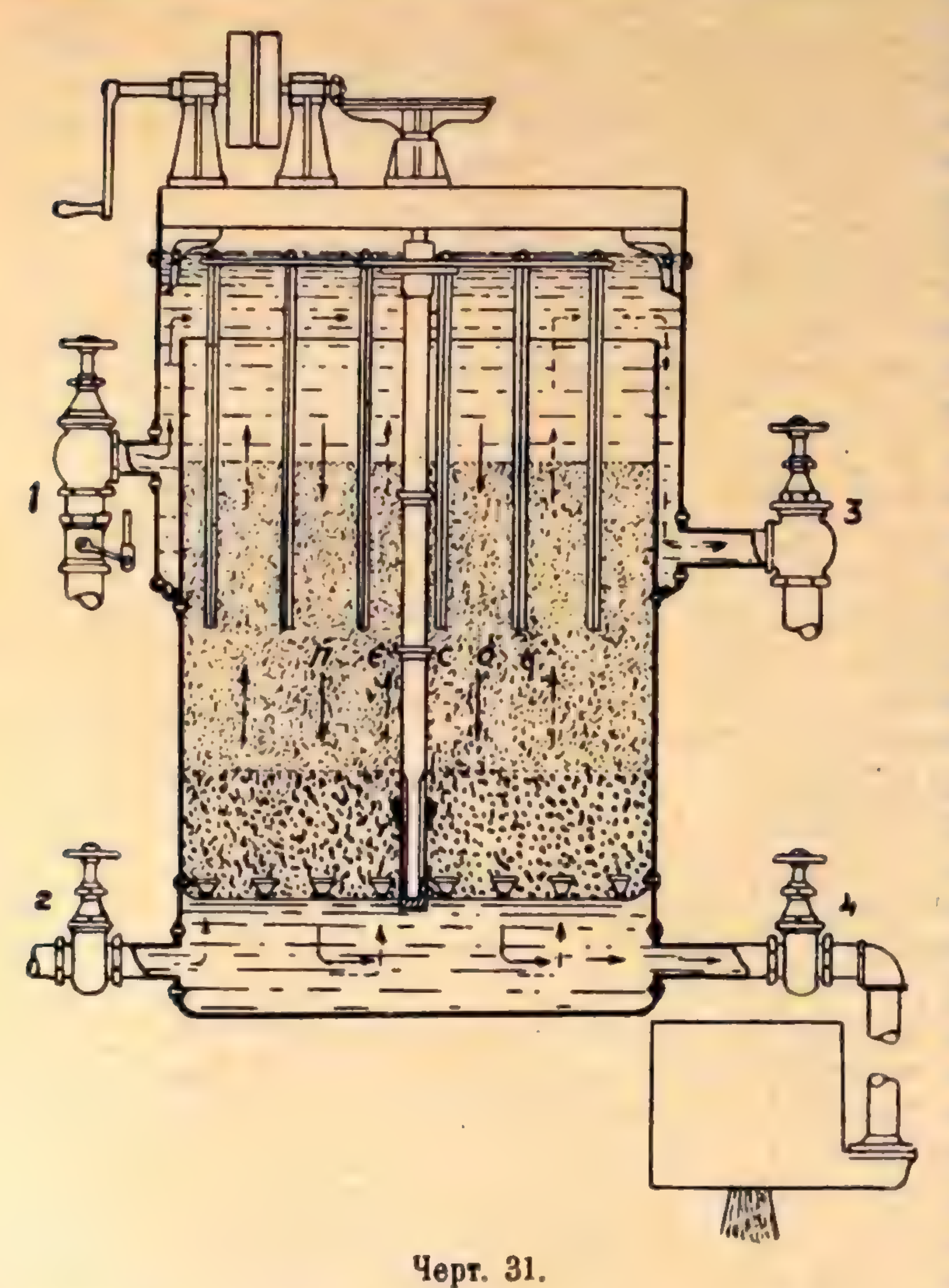
Американские фильтры устраиваются самотечными или напорными. Напорные фильтры, устраняя одну перекачку, как показал опыт, хуже очищают воду, чем самотечные.

Поэтому в дальнейшем мы приводим только описание конструкции самотечных фильтров. Но тут мы считаем нужным подчеркнуть, что бактериологический эффект американских фильтров хуже английских (90 — 95% задержания бактерий) и при том он может быть достигнут только при тщательном контроле за правильностью их работы.

Поэтому во время эпидемии приходится фильтрат из американских фильтров подвергать дезинфекции, о чем мы будем говорить дальше в главе V.

Самотечные американские фильтры сист. Джуэлля устраиваются в виде открытого цилиндра (деревянного, железного, бетонного, железобетонного (диам. 2—8 *м*, высотой до 4,5 *м*).

Фильтрующим материалом является кварцевый песок с размером 0,3—1 *мм*, толщиной от 0,75 до 1,50 *мм*. Он покоится на поддерживающем слое песка или гравия с размерами от 0,6 до 2 *мм*, общей толщиной 0,3 — 0,5 *м*. Вода поступает из крана в окружающий фильтр резервуар для того, чтобы не прорывать пленку и, спускаясь через фильтрующий и поддерживающий слой, протекает через сеть дренажных труб (черт. 31) в главную дренажную трубу, откуда через кран и регулятор расхода поступает в резервуар очищенной воды. Во избежание засорения дренажных трубок на отверстиях установлены дырчатые сетчатые колпачки, через которые и протекает фильтрат.



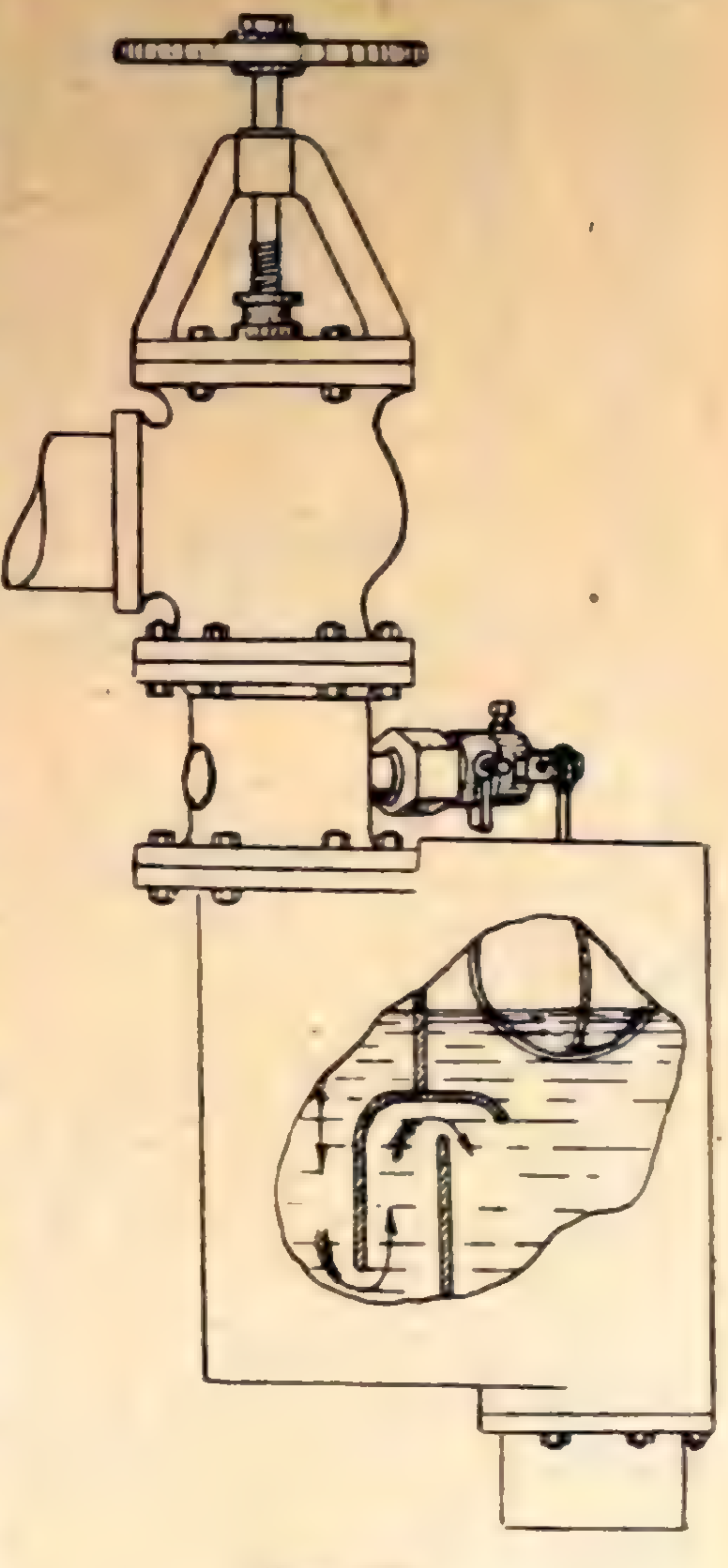
Черт. 31.

Автоматический регулятор Уэстона (Weston), располагаемый на 1,20 *м* ниже дна фильтра, предназначен для расхода профильтрованной воды (Controller), обеспечивает постоянную скорость фильтрации и вызывает высасывание воды из фильтра, благодаря чему песок уплотняется на 2—3 *см* и фильтрование улучшается.

Регулятор Уэстона (черт. 32) состоит из чугунного ящика, в котором на поверхности плавает шаровой медный клапан, управляющий впуском воды из фильтра; ящик снабжен рядом перегородок, образующих сифон, высасывающий воду из фильтра. Меняя отверстие в приводящей

к регулятору трубе установкой диафрагмы, можно изменять и расходы профильтрованной воды и скорость фильтрации.

Промывка фильтра производится **обратным током воды**, для чего закрываются краны 1 и 4 и открываются 2 и 3; тогда промывная вода, пройдя через фильтр, изливается в окружающий его цилиндр и через трубу с краном 4 протекает в водосток. Для успешности промывки в фильтрах устроены вращающиеся механические грабли, которые посредством насаженных на стержнях зубцов перемешивают слой фильтрационного песка; на вращение грабель требуется затратить до ½ лош. силы, для чего нужно иметь небольшой электромотор.


Черт. 32.

Скорость промывной воды около 30 *см/сек.* **Во время эпидемии** полезно производить **стерилизацию** американских фильтров **паром**.

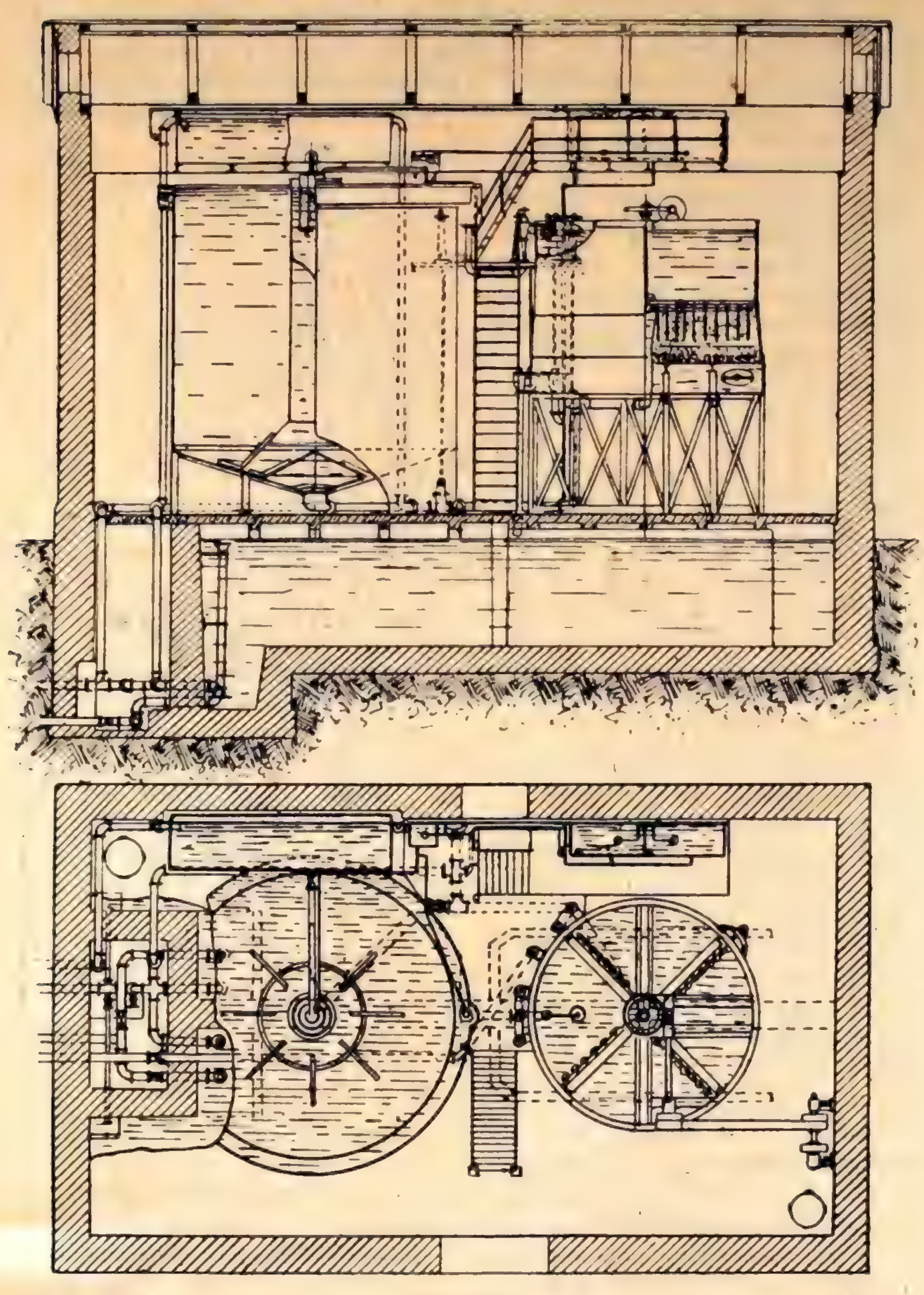
Фильтры Говатсона-Облапохина отличаются, главным образом, заменой естественного песка **толченым кварцем**; это является выгодным потому, что толченый кварц **более тверд, не поглощает воды**, редко требует **возобновления**, если только он не вымывается постепенно с фильтратом.

Для ознакомления с конструкцией фильтра **Говатсона-Облапохина** приведем чертеж фильтровальной станции для очистки 12.500 *куб. м* воды в сутки, на которой помещен и отстойник (черт. 33).

На этой станции коагулянт (серно-кислый алюминий) растворяется в бачках (емкостью около 1,25—1,5% емкости отстойников), дно которых возвышается над уровнем воды в отстойнике на 1,5 *м*.

Из этой бачки растворенный коагулянт поступает в мерный бачек (емкостью около 0,3—0,5% от емкости отстойников), который расположен на 0,5 *м* выше уровня воды в отстойниках; в не[illegible]ерживается постоянный уровень посредством шарового поплавка [illegible] коагулянт поступает в отстойник через центральную трубу [illegible]ой. Выпадающ[illegible] коагулянт движется по отстойнику вверх, смешиваясь с [illegible]е здесь

осадки скопляются в нижней конической части, откуда они выпускаются путем открытия крана по мере надобности.



Черт. 33.

Определение полезной площади предварительных английских и американских фильтров делается по формуле $Q = vF$

или $F = \frac{Q}{v}$ (7), где Q — расход, F — полезная площадь фильтра, а v — скорость для предварительных фильтров 1—5 *м* в час, для английских фильтров — 0,1 *м* в час и для американских фильтров от 3 до 5 *м* в час. К этой величине для предварительных и английских фильтров нужно прибавить приблизительно от 10 до 15% площади на столбы, стены, распределительные каналы и проч. Для получения же площади, занятой такими сооружениями в поселках, необходимо полученную величину удвоить.

Сопоставляя между собой английские и американские фильтры, нужно отдать по верности бактериологического эффекта предпочтение английским фильтрам, но они мало уменьшают окраску речной воды (желтый цвет, обязанный присутствию гуминовых веществ) и требуют для себя большой площади. Но, если иметь в виду возможность легкой стерилизации фильтрата во время эпидемий, то вопрос о выборе той или иной системы фильтрации разрешается каждый раз путем сравнения строительных и эксплоатационных расходов.

Из других систем фильтрации нужно упомянуть еще про незатопляемые песчаные фильтры системы Микеля (Miquel), примененные во французском городе Шатодэн (Chateaudun). Эти фильтры конструированы по типу биологических фильтров для сточных вод и уступают на практике английским фильтрам по своему бактериологическому эффекту, вследствие чего и не получили распространения. Из других фильтров для очистки питьевой воды еще укажем на фильтры Фишера и Петерса, состоящие из полых вертикальных плит, сделанных из искусственного песчаника, скорые фильтры Говатсона, заполненные искусственным материалом-поларитом, фильтры Кэнди (Candy) с карбоферритом и пр.

Литературные источники:

1) **Проф. Б. К. Правдзик.** — Водоснабжение, 1903 г.

2) **Проф. А. К. Енш.** — Материалы для курса водоснабжения, 1914 г.

3) **Проф. Н. А. Кашкаров.** — Курс водоснабжения, 1926 г.

4) **Проф. В. Ф. Иванов.** — Материалы по водоснабжению г. Киева, 1915 г.

5) **Инж. Н. П. Зимин.** — О результатах исследований, произведенных над американскими фильтрами, Труды IV Вод. С'езда, 1899 г.

6) **Инж. Н. П. Зимин.** — О механических фильтрах. Труды V Вод. С'езда, 1901 г.

7) **Инж. С. С. Понамарев.** — Работа фильтровальной станции Нижнего Новгорода. Труды X Вод. С'езда.

8) **Инж. Н. Н. Зимин.** — Результаты работы американских фильтров в Новочеркасске. Труды X Вод. С'езда, 1911 г.

9) **Инж. А. А. Сурин.** — Результаты работы американских фильтров, установленных на Брянском заводе и в Челябинске.

10) Handb. d. Ingen. Wissen, prof. **Smerker**, Die Wasserversorgung der Städte, 1914.

11) **Imbeau et Debauve.** — La distribution d'eau, 1905.

12) **P. Ziegler.** — Schnellfilter, ihr Bau und Betrieb, 1919.

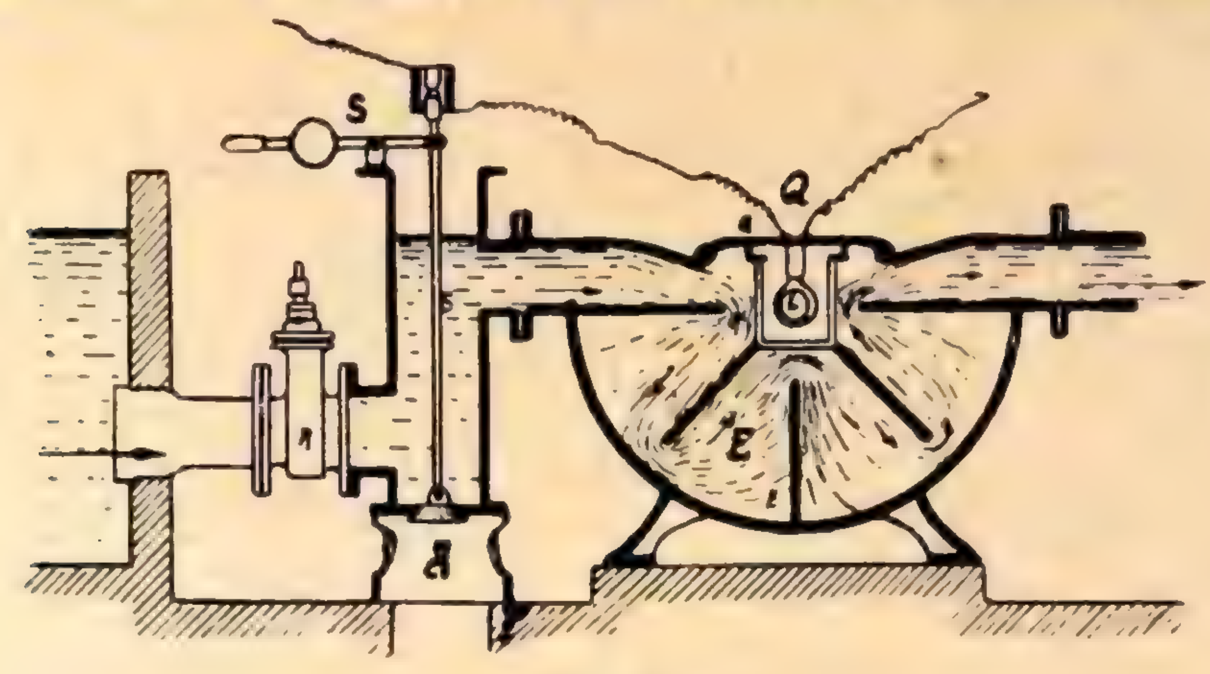
13) Manual of American Water, **Works Practice** dy Amer. Wat. Work. Association, 1925.

ГЛАВА V.

Способы стерилизации питьевой воды.

§ 14. Химические способы стерилизации. Ознакомившись с различными способами очистки питьевой воды, перейдем теперь к изучению таких методов, которые дают нам стерильную воду, т.-е. освобожденную от микроорганизмов. Стерилизация воды достигается физическим и химическим путем. К физическим способам относятся: кипячение, перегонка воды и обработка воды ультрафиолетовыми лучами.

Химические способы основаны на введении в воду различных реактивов: иода, брома, фтора, перекиси водорода, лимонной кислоты, озона и хлора. Для поселковых водоснабжений



Черт. 34.

является возможным только применение хлорирования, которое в разработке последних лет разрешило практически вопрос о стерилизации питьевой воды. Другие же способы оказались непригодными по разнообразным соображениям. Кипячение воды требует больших расходов на топливо и применяется только во время эпидемий и в военное время на станциях жел. дор. и пристанях, в бараках для беженцев и пр. (напр., кипятильники Борю, Безсонова и др.). Перегонка воды находит себе применение только в безводных местностях (напр., Красноводск), где приходится за отсутствием каких-либо источников водоснабжения использовать морскую воду.

Введение иода, брома, фтора и тому подобных реактивов применяется только в военной обстановке, когда войскам приходится пользоваться водой колодцев с зараженной водой.

§ 15. Стерилизация ультрафиолетовыми лучами. Обработка питьевой воды ультрафиолетовыми лучами (лучами с длиной световой волны от 0,3 до 0,2225 микрона), разрушающим образом действующими на растительную и животную клетчатку и опасными для кожи и глаз, производится в кварцевых лампах системы Вестингауза (черт. 34).

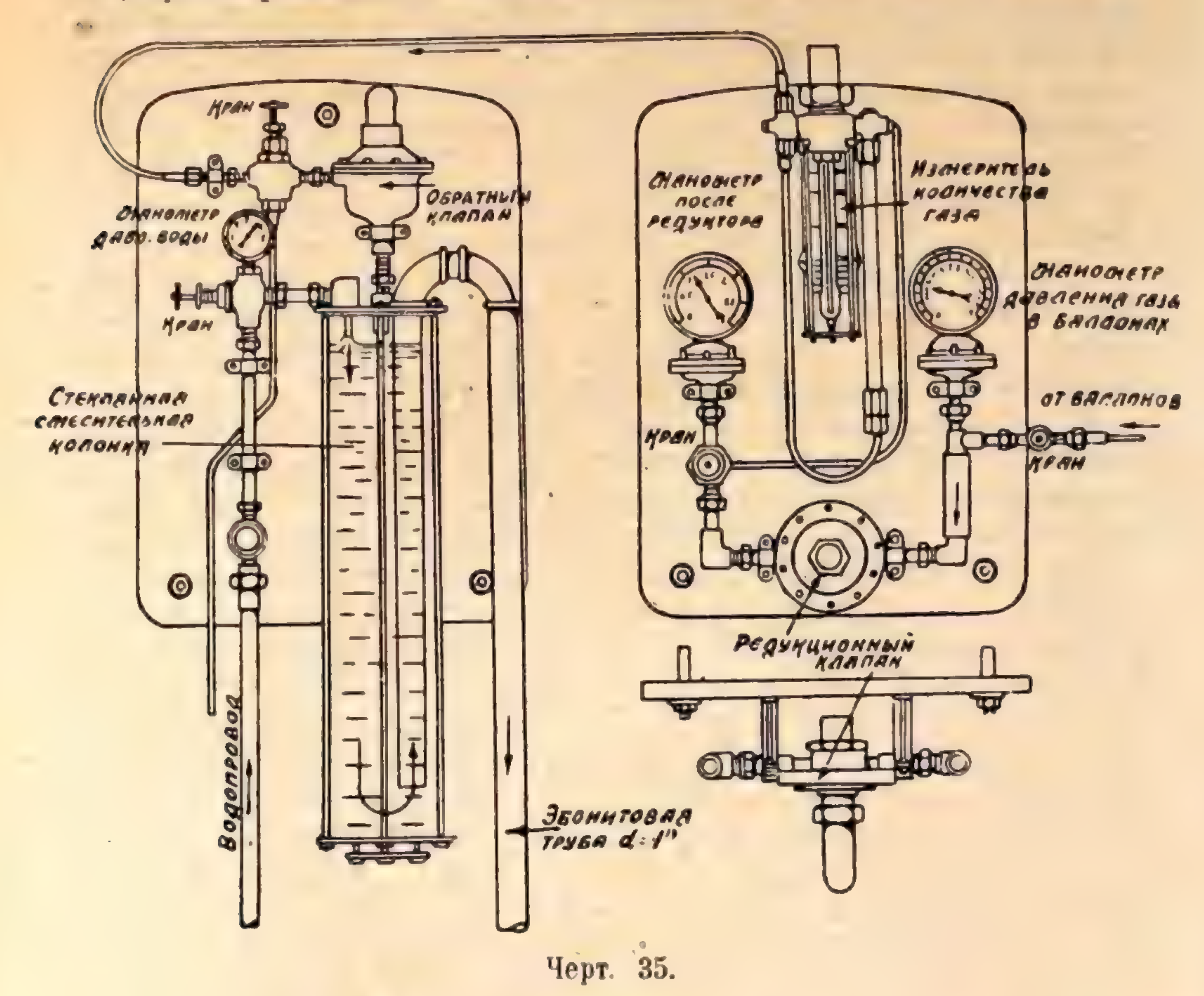
Стерилизатор Вестингауза состоит из чугунного полуцилиндрического резервуара *E*, диам. 80 *см* и длиной 60 *см*, с отростками для впуска и выпуска воды; по оси цилиндра расположена кварцевая коробка с ультрафиолетовой лампой *Q*; кроме того, в нем устроены три чугунные перегородки, изменяющие направление и обеспечивающие тесное соприкасание воды с кварцевой лампой. Для предотвращения пропуска в сеть нестерилизованной воды, что могло бы произойти при случайном потухании лампы, над вертикальной трубой установлен электромагнитный рычаг *S*, поддерживающий закрытие нижнего клапана во время работы лампы; в случае потухания лампы действие электромагнита прекращается, и притекающая к лампе вода стекает в трубу *A*. Этот аппарат стерилизует 600 *куб. м* воды в сутки; кварцевая ртутная лампа требует тока в 220 амп. и 3 вольта.

Главный недостаток этой лампы сравнительно небольшое количество часов горения, после которого она делается непригодной для работы.

§ 16. Озонирование. Озонирование, основанное на стерилизации профильтрованной воды озоном (O_3) и примененное в ряде городов — курортов Франции (Ницца и др.), и Германии (Падерборн), Бельгии и др. госуд., вызвало большой интерес к этому методу и у нас в СССР, в результате чего в 1911 г. была построена фильтро-озонная станция в Ленинграде для очистки невской воды для Петербургской и Выборгской стороны в количестве 45.000 *куб. лит.* воды в сутки. В результате годовых испытаний этого способа выяснилось, что этот способ не дает полной стерилизации воды, так как в озонированной воде находились индикаторные микроорганизмы — кишечные палочки. Помимо этого этот способ оказался очень дорогим: до 2 коп. на 1 *куб. м* озонированной воды (по довоенным ценам). Эти причины заставили и Зап. Европу отказаться от этого метода, что дает и нам право исключить из настоящей работы его описание, имея при этом еще и в виду сложность самого способа, исключающую его применение для поселковых водоснабжений.

§ 17. Хлорирование. Хлорирование появилось в качестве метода стерилизации в С. Ш. С. А. в 1908 г. (в г. Чикаго), где в этом методе желали получить уверенность в стерилизации питьевой воды, что было особенно важно для этого государства при обработке питьевой воды на скорых фильтрах, дающих, как было уже указано выше, переменные результаты. В Европе хлорирование применялось сначала в качестве временной меры; в СССР применение этого метода было проведено на Нижегородском и Ростовском водопроводе, а затем, после Европейской войны, хлорирование начало применяться в Европе в качестве постоянного способа, в особенности после изобретения способа введения хлора в воду в виде сгущенного хлорного газа. Сущность хлорирования заключается не во введении самого Cl в жидкость, а в том, что введение гипохлорида кальция ($Ca\,Cl_2\,O_2$) в воду вследствие производимых им реакций вызывает образование кислорода, являющегося могучим окислителем. Освобождающийся при этих процессах свободный хлор при наличности в воде щелочей образует хлористый натр или хлористый кальций:

в случае же отсутствия щелочей, для успешности этих процессов вводят в воду серноватисто-кислый натр ($Na_2\ SO_3$), дающий с Cl, выпадающий в виде осадка серно-кислый натр и соляную кислоту; если последнюю нейтрализовать содой, то в результате остается сернокислый натр и поваренная соль, вполне допустимые в воде. Этот процесс носит название дехлорирования. Хлор добавляется как после фильтрации, так и перед ней; так, при американском способе фильтрации введение хлора в отстойник



Черт. 35.

ведет к понижению в нем количества коагулянта примерно на 30%. Активный хлор в старых установках вводился в количестве 1—1,5 *мг* на 1 литр воды, что при его содержании в 30 — 33% в белильной извести требовало расхода 3 — 4,5 *мг* белильной извести. При применении же нового способа хлорирования в виде сгущенного газа количество его понижается до 0,2 — 0,3 *мг* на 1 литр воды, что устраняет всякую потребность в дехлорировании.

Стерилизация воды газообразным хлором, требуя для применения небольших расходов и являясь поэтому очень удобной для поселковых водоснабжений, производится в приборах д-ра Орнштейна (Ornstein), немецкой фирмы Бамаг (Bamag) и др.

Хлоратор системы д-ра Орнштейна монтируется на двух мраморных досках, размерами по 0,6 $\times$ 0,5 *м* (черт. 35). К правой доске прикреплены: 1) манометр для определения давления жидкого хлора в стальном цельно-тянутом баллоне, 2) редукционный клапан, перед которым включен в трубопровод фильтр для газа, 3) манометр низкого давления, под которым газ поступает для его утилизации, и 4) измерительный прибор, показывающий расход газа в час. На левой доске помещены: 1) обратный клапан, через который газ поступает в смесительную колонку, где происходит смешивание его с водой, 2) смесительная стеклянная колонка, герметически закрытая, с эбонитовым отводящим хлорную воду трубопроводом, и 3) манометр и трубопровод, подводящий напорную воду под давлением 1,1 атм. в колонку. Жидкий хлор перевозится в стальных баллонах, вместимостью от 20 до 45 *кг*, при чем при температуре — 33° С весь хлор находится в жидком состоянии. По мере повышения температуры часть жидкого хлора переходит в газообразный хлор; при температуре 10°—20° С давление этого газа в баллоне доходит до 6 атм. Самый процесс стерилизации производится газообразным хлором, для чего, с целью получения нужной для этого температуры, в помещении для хлоратора устанавливается специальная батарея. Водопровод, приводящий воду в количестве 170 *л* воды на каждый килограмм газа, подводится непосредственно к установке. Обыкновенно количество проходящей чрез смесительную колонку воды равно 1.700 *л* на 1 *кг* хлора. Полученная в смесителе хлорвая вода отводится по эбонитовому трубопроводу к намеченному пункту водопроводной магистрали.

При этом способе хлорирования дозировка хлора устанавливается примерно в 400—600 *г* хлора в час.

Стоимость обезвреживания 1 *куб. м* воды газообразным хлором, по данным Управления Ленинградского водопровода, где был в 1926 г. установлен прибор д-ра Орнштейна, обошлась в 0,027 копейки.

Стоимость 1 тонны жидкого хлора для Ленинграда была в 915 р. по ценам заводов „Химуголь“, расположенного на станции Переездная Северо-Донецкой ж. д.

Литературные источники:

1) **Проф. Н. А. Кашкаров.** — Курс водоснабжения, 1925 г.

2) **Инж. Ф. А. Данилов.** — Стерилизация водопроводной воды газообразными хлором, Вестн. Инж. 1925 г.

3) **Инж. И. Ф. Войткевич.** — Водоснабжение Нижегородской ярмарки с применением стерилизации хлором, Труды X Вод. С'езда 1913 г.

4) **Инж. К. П. Ковров.** — Необходимая аппаратура для хлорирования жидким хлором и результаты 12-летн. опыта хлорирования воды, Труды 1/XII Всесоюзн. Водопр. С'езда. 1923 г.

5) **Imbeaux et Debauve.** — La distribution d'eau 1905.

6) **Ziegler.** — Schnellfilter, ihr Bau und Betrieb, 1919.

7) **Max von Recklinghausen.** — Sterilisation industrielle de l'eau par les rayons ultra-violets, Techn. San. 1911.

8) **Eriwein.** — L'usine d'ozonisation de St. Petersbourg, Techn. San. 1911.

ГЛАВА VI.

Очистка грунтовой и артезианской воды от железа и марганца.

§ 18. Классификация способов очистки подземных вод. Говоря об очистке питьевой воды, нельзя пройти молчанием и освобождение грунтовых и артезианских вод от закисных соединений железа и марганца, придающих воде неприятный вкус чернил и цвет, чем, разумеется, парализируется их применение. Также воды, содержащие железо и марганец, являются непригодными для стирки белья и для применения на различных фабриках и заводах (красильных, бумажных, кожевенных, пивоваренных и т. д.). В подземных водах могут встретиться еще соединения железа и марганца с гуминовыми кислотами (торфяные почвы) и минеральными кислотами (серная кислота, в формациях бурого угля и молодых торфяниках). Сверх того, в железистых водах содержатся еще водоросли (Leptotrix ochracea, Crenotrix polyspora, Gallionella ferruginea, Cladotrix dichotoma).

Для очистки железистых вод в Германии было изобретено много систем для выделения железа и марганца, откуда они распространились по всем государствам мира, в том числе и в СССР (Зиновьевск и Воронеж). Все существующие способы обезжелезивания могут быть разбиты на 5 групп:

1) Способы, основанные на применении самотечных устройств и требующие двукратного под'ема воды (способы Oestena, Piefke, Kröhnke, Thiem, и др.).

2) Способы, основанные на применении котлов с фильтрующими слоями и вдувания в них воздуха и требующие однократного под'ема воды (способы Linde-Hess, Breda, Desenis и Jacobi, Aegis и пр.).

3) Способы, основанные на применении химических реактивов (известкового молока, сульфата алюминия, хлористого железа, перекиси водорода, карбо-феррита и пр.).

4) Способы, основанные на применении пермутитов (способ проф. Ганса).

5) Способы, основанные на применении озонирования.

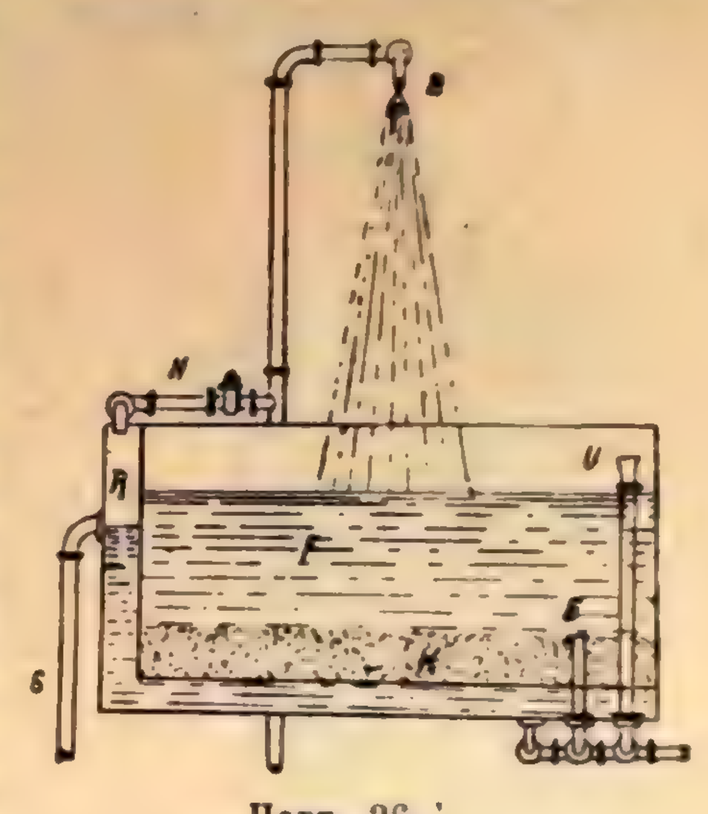
Из этих способов заслуживают большого внимания способы первых двух категорий, как нашедшие себе наибольшее применение и как наиболее простые для всех случаев практики.

§ 19. Самотечные способы. Из способов первой категории самыми известными являются способы Эстена (Oesten) и Пифке (Piefke).

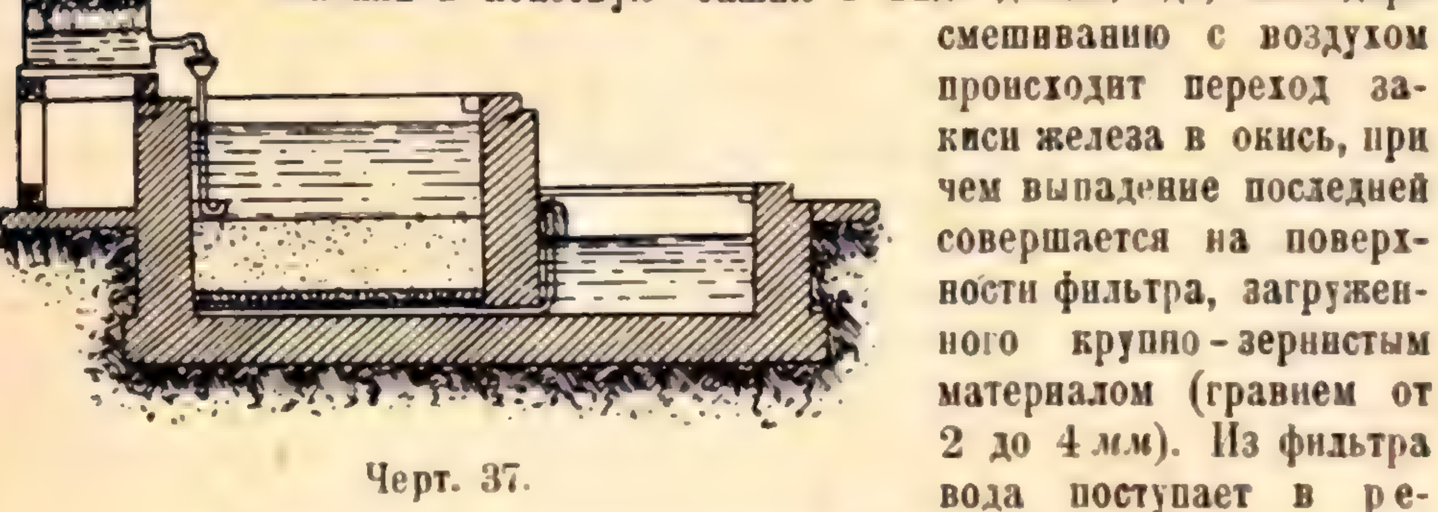
Способ Эстена заключается в следующем (черт. 36).

Грунтовая вода подается насосом в вертикальную трубу, из которой истекает в виде дождя из душа *B*; высота поднятия из душа принимается около 2 *м*. Падая в резервуар *F*, высота воды в котором

в зависимости от содержания железа, колеблется между 0,5 и 2 *м*, вода проходит чрез фильтр из гравия *K* (процеживатель), толщиной 0,30 *м*. Пройдя чрез дырчатое дно, она сначала поступает в резервуар *R*, а оттуда по трубе *S* или в резервуар чистой воды, из которого производится ее второй под'ем, или же при благоприятных местных условиях самотеком в город. Когда отлагающиеся на поверхности фильтра соли железа поведут к такому увеличению напора над ним, что начнет работать сливная (холостая) труба *H*, то производят промывку фильтра. Для этого закрывают задвижку на трубе *S* и открывают задвижку на промывной трубе и спускной трубе *E*. Тогда поступающая в камеру вода будет проходить чрез фильтр *K* снизу вверх, благодаря чему будет совершаться промывка загрузочного материала от отложений водной окиси железа. Эти осадки, смешанные с водой, будут протекать в спускную трубу *E*. В то же время производится посредством железных черпаков грабель перемешивание гравия, чтобы вымыть те осадки, которые постепенно проникали в толщу фильтра. Промывка фильтров Эстена, по данным практики, производится через несколько недель. Скорость фильтрации *v* равняется 1 *м*/час.; наибольшая высота напора над фильтром 0,4 — 0,5 *м*.

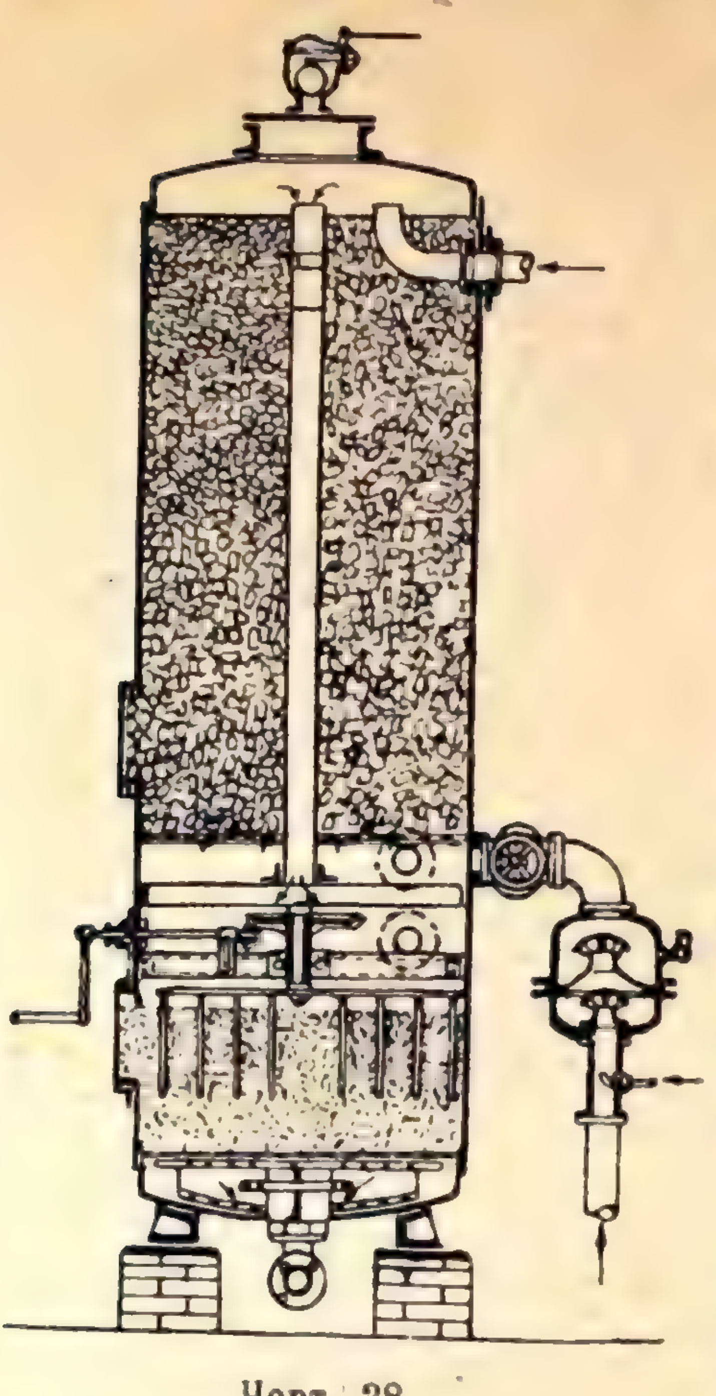

Черт. 36.

Система Пифке заключается в следующем (черт. 37). Вода, подаваемая насосами 1-го под'ема, поступает сначала в коксовую башню в виде дождя, где, благодаря смешиванию с воздухом происходит переход закиси железа в окись, при чем выпадение последней совершается на поверхности фильтра, загруженного крупно-зернистым материалом (гравием от 2 до 4 *мм*). Из фильтра вода поступает в резервуар чистой воды. Количество воды, пропускаемое чрез коксовую башню, устанавливается по норме 2 — 4 *куб. м* на 1 *кв. м* поперечного сечения, а чрез фильтр от 0,5 до 1 *куб. м* воды на 1 *кв. м* поверхности. По мере применения сист. Пифке претерпевала некоторые видоизменения, главным образом, в конструкции башни (аэратора). Кокс заменялся


Черт. 37.

кирпичным клинкером (Шарлоттенбург, Тарново), дранью (Зиновьевск, Воронеж); в некоторых же городах применяли, вместо процеживателей, американские скорые фильтры.

§ 20. Напорные способы. Из напорных систем приводим описание способа Гульвор Бреда (Hulvor Breda), где в котлы нагнетается воздух, а заполнение котлов делается из твердого неизнашивающегося материала (черт. 38).



Черт. 38.

Основной частью этой системы является котел, в котором устроены 2 фильтра для выделения железа. Ход происходящих здесь процессов заключается в следующем. Компрессор нагнетает воздух в резервуар, а насос подает воду, подлежащую обезжелезиванию. До поступления воды и воздуха происходит энергичное перемешивание в смесителе *B*.

Верхний фильтр, в нижнюю часть которого после смешения поступает вода, состоит из крупнозернистого минерального пористого материала, благодаря чему происходит разделение воды на мелкие струйки и энергичный переход закиси железа в окись. Содержащиеся в подземных водах сероводород и углекислота удаляются посредством автоматического приспособления, устроенного в верхней части цилиндра. Вода, после прохода чрез верхний фильтр, по центральной вертикальной трубе, поступает на нижний песочный фильтр, на котором задерживаются частицы железа и марганца. Очистка прибора Бреда от отложений производится обратным током воды.

Верхний фильтр прочищается через 3 — 6 недель, а нижний—2 раза в неделю; для облегчения последней операции в нем устроены мешалки (грабли) по образцу американских фильтров. На промывку расходуется от 1 до 1,3% фильтруемой чрез прибор Бреда воды.

Литературные источники:

1) **Проф. В. Ф. Иванов.** — Водоснабжение и канализация городов; на Международной Гигиенической Выставке, Гор. Дело, 1912.

2) **Проф. Н. А. Кашкаров.** — Курс водоснабжения, 1926.

3) **Проф. А. К. Енш.** — Материалы для курса водоснабжения, 1914.

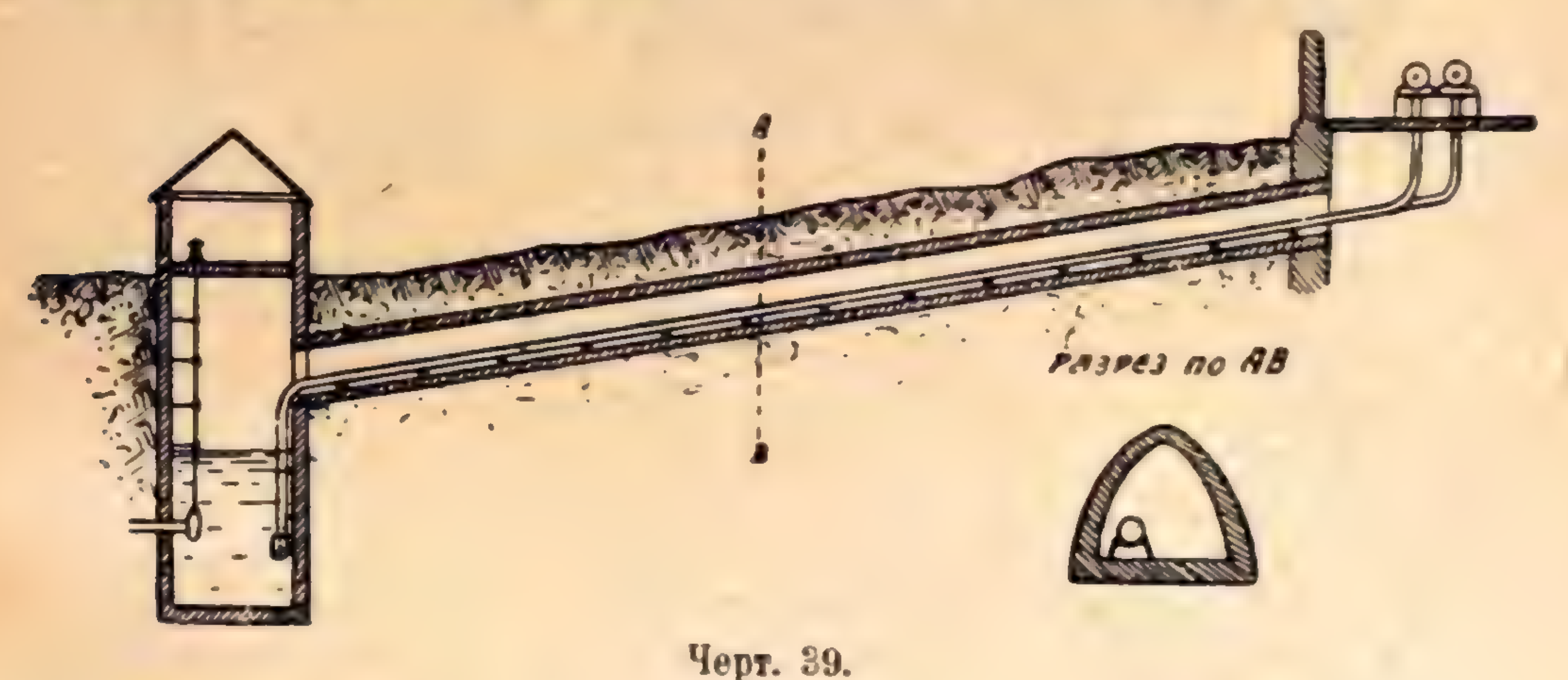
4) **Prof. Lueger-Weyrauch.** — Die Wasserversorgung der Städte, 1917.

5) Imbeaux et Debauve. — La distrubution d'eau, 1905.
6) Rubner, Reichle und Ficker. — Handbuch der Hygiene, Die Wasserversorgung, 1919.
7) Проф. В. Ф. Иванов. — Очистка грунтовой и артезианской воды от железа и марганца, Наук.-Техн. Вісник, Харьков, 1927.

ГЛАВА VII.

Всасывающие, напорные и самотечные линии.

§ 21. Всасывающие линии. Под всасывающей трубной линией разумеют ту линию, один конец которой опущен в водоприемный колодезь (большой для поверхностных вод и малый для подземных вод), а другой непосредственно примыкает к телу насоса. При укладке всасывающей трубы необходимо придерживаться ряда правил, обеспечивающих надежность их работы:



Черт. 39.

1) укладывать их с некоторым под'емом воды к насосам, чтобы обеспечить более легкий выход воздуха из трубы;

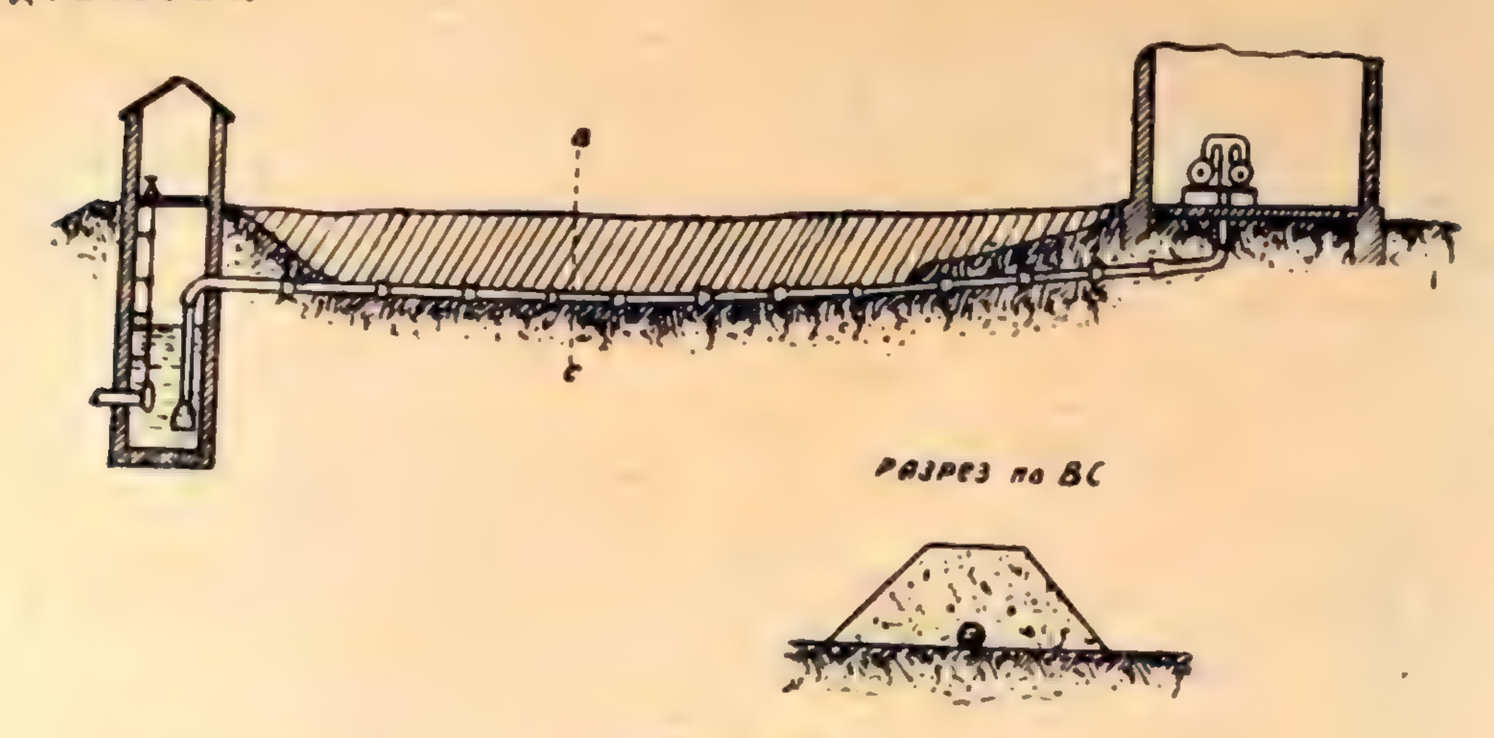
2) по возможности сокращать их строительную длину, так как это обеспечивает надежность их работы;

3) укладывать всасывающую трубу, если это возможно, по условиям местности, в галлерее, доступной для прохода (черт. 39);

4) применять в целях прочности всасывающей трубы раструбное соединение чугунных труб, так как по нашему опыту такие трубы лучше удовлетворяют условиям работы всасывающей трубы. В целях достижения более плавной работы поршневых насосов представляется полезным ставить перед входом в насосы воздушные колонки или котлы, об'ем которых устанавливается от 3 — 5 об'емов насоса в зависимости от длины всасывающих линий. Если береговая насосная станция стоит на возвышении или если грунт между водоприемным колодцем и станцией плохой, то в целях доступ-

ности всасывающей трубы ее полезно устраивать в насыпи (черт. 40). Желание низвести длину всасывающей трубы до минимума ведет к устройству водоприемного колодца в пределах машинного здания (напр. Дет. Село). Другим пределом для всасывающих труб является прокладка их непосредственно в реку (Н. Новгород), что, по нашему мнению, является нецелесообразным из-за трудности надзора за правильностью ее работы.

Во всех случаях всасывающая линия должна вестись по прямой линии во избежание поворотов, могущих нарушить ее действие.



Черт. 40.

§ 22. Напорные линии. Напорной линией называется трубная линия, в которой вода, нагнетаемая насосом, перемещается к заданному месту под необходимым для данного случая давлением (напором). Первым и самым простым случаем будет под'ем воды из источника водоснабжения на очистные сооружения; этот случай имеет место, когда приходится поднимать воду из поверхностных источников водоснабжения на первое звено очистных сооружений — отстойника. Также встречается укладка напорных линий при под'еме подземных вод на сооружения для обезжелезивания. Второй случай является более сложным, так как здесь приходится нагнетать очищенную или чистую воду на известную длину в город. Для поселков в целях сокращения расходов желательно доводить длину напорной линии до возможного минимума: это накладывает обязательство использовать, по возможности, подземные источники водоснабжения.

Простейшая трассировка напорной линии — прямая — является на практике редко осуществимой, так как при ее начертании приходится принимать различные меры для сокращения стоимости работ. Так, желательно обходить возвышенности в целях уничтожения или сокращения туннельных работ, пересекать овраг в самом узком месте, разрешать вопрос о выборе дюкера или моста при переходе чрез овраг или речку, сокращать число таких пересечений до минимума, избегать болот, каменистых грунтов, плывунов и пр.

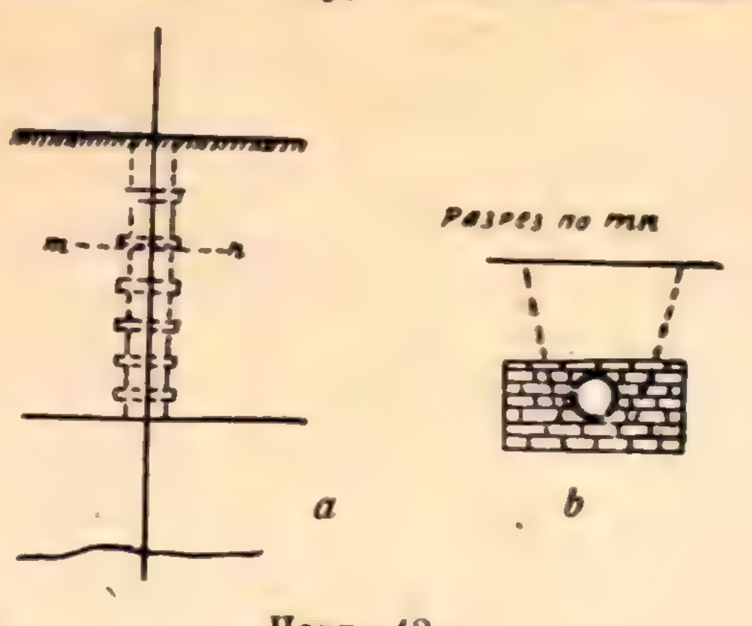
Для этого, является целесообразным поднимать напорную линию выше плывуна или каменистого грунта, требующего для своей разработки взрывных работ, и таким образом укладывать ее в полувыемке — полунасыпи (черт. 41). Далее нужно в целях сокращения земляных работ при чередующихся под'емах и спусках стремиться поворачивать раструбы на угол до $2^1/_2°$ (черт. 42-а и b).



Черт. 41. Черт. 42.

Наконец, нужно еще отметить, что на крутых склонах напорных линий для предотвращения угона труб приходится устраивать поперечные стенки из сухой кладки (черт. 43).

В нормальных напорных линиях допускаемый гидродинамический напор, равный гидростатическому напору вместе со всеми сопротивлениями, не должен быть больше 10 атмосфер. Если бы по расчету получилась величина, большая 10 атм., то здесь у нас имеются два решения: увеличение диаметра линии с целью сокращения потерь на трение и др. сопротивлений, или же применение труб с утолщенными стенками. Но такие случаи в поселковой практике могут встречаться только тогда, когда один водопровод будет обслуживать несколько поселков, расположенных друг от друга на значительном расстоянии.



Черт. 43.

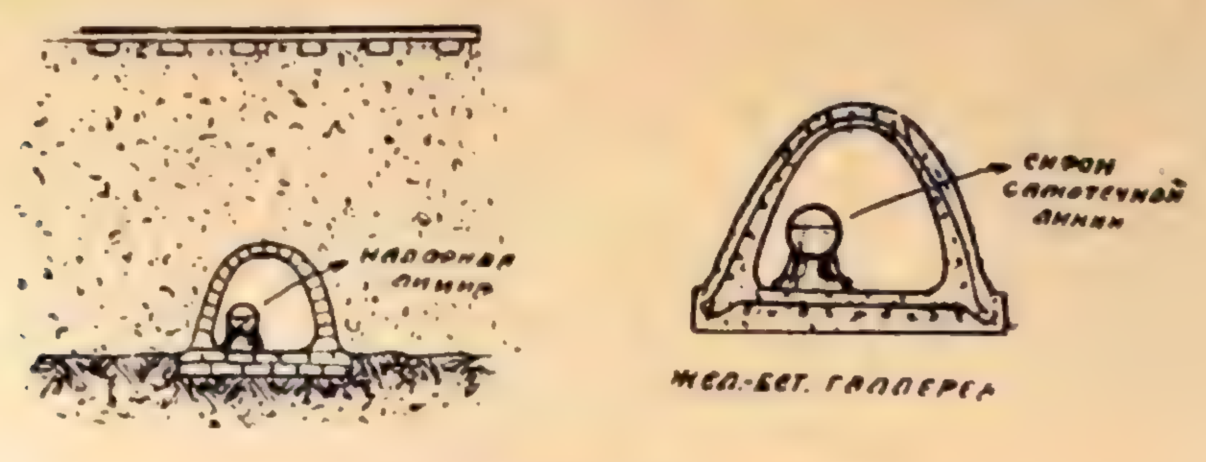
§ 23. **Самотечные линии.** Под самотечной линией мы разумеем такую водопроводную линию, которая приводит чистую или очищенную воду в поселок с использованием естественного уклона местности.

Такие случаи чаще встречаются в горных областях СССР (Кавказе, Крыму).

При трассировании самотечных линий нужно избегать тех же препятствий, что и для напорных. Здесь также может встретиться необходимость устраивать туннели, мосты, дюкера, пересеченные с жел. дор. и пр.

В последнем случае, т.-е. при проходе чрез полотно ж. д. необходимо самотечную линию заключить в туннель и в нем уложить трубу

(черт. 44). Наиболее **подходящим сечением** для поселковых водопроводов будет **круглое**, вследствие чего будет уместно проложить бетонные и железо-бетонные трубы, **если, только, содержащиеся в грунтах примеси не будут вызывать разрушения трубы.** Поэтому в таких случаях было бы уместным **устраивать и прямоугольные каналы из бутовой кладки** с внутренней цементной штукатуркой.



Черт. 44.

Подбор сечений всасывающих, напорных и самотечных труб делается по одним и тем же формулам:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} . v, \ldots . (8), \text{ где } v = C\sqrt{R J}, \text{ а } C = \frac{100 . \sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}.$$

Разница будет только в численных значениях величины v (для всасывающей линии $v = 0{,}6 — 0{,}8$ мет., для напорной 1 мет. и для самотечной 0,6 — 0,8 м.) и b (для неочищенной воды — 0,3, а для чистой 0,25, если придерживаться формулы Гангилье-Куттера), для которой будут даны дальше таблицы.

Литературные источники:

1) Проф. В. Ф. Иванов.—Всасывающие, напорные и самотечные линии, журн. Наука и Техника, Одесса, 1925 г.

2) Проф. Люгер.—Водоснабжение городов, 1903, перев. с нем. инж. Л. А. Боровича, под ред. проф. Ф. Е. Максименко.

3) Imbeaux et Debauve.—La distribution d'eau, 1905.

4) Ing. Imreker. — Die Wasserversorgung der Städte, Handb. der Ing. Wissensch., 1914.

ГЛАВА VIII.

Способы под'ема воды. Водопроводные станции.

§ 24. Способы под'ема воды. Каково бы ни было водоснабжение поселка, в редких случаях возможно обойтись без устройства в нем **насосных станций**. Только в случае высоколежащего источника водоснабжения над поселком (напр., Феодосия, Ялта), водопровод будет самотечным.

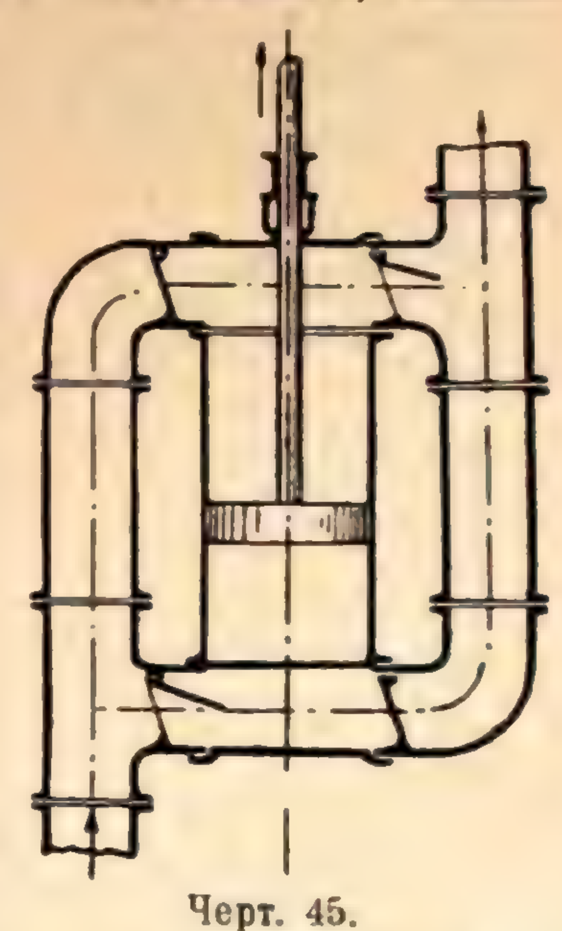
Способы, посредством которых совершается под'ем воды, весьма разнообразны и подробное ознакомление с ними возможно при детальном ознакомлении с различными сочинениями, посвященным насосам и др. под'емникам. В настоящей главе комплекс приводимых нами данных будет ограничен, так как наша цель будет заключаться лишь в выборе подходящих насосов для поселковых водоснабжений. Приборы для под'ема воды могут быть разбиты на следующие группы:

1) приборы, в которых вода поднимается как тяжелое тело, обладающее подвижностью частиц;

2) приборы, в которых вода поднимается вследствие разрежения воздуха в теле под'емника; сначала вода всасывается в насос под действием атмосферного давления, а затем из него нагнетается на заданную высоту;

3) приборы, в которых под'ем воды осуществляется за счет живой силы падающей воды;

4) приборы, в которых для под'ема воды используется непосредственное для нее давление сжатого воздуха, газа и пр.



Черт. 45.

Первую группу составляют обыкновенные водопод'емные снаряды, известные человечеству с самых незапамятных времен. Сюда относятся: лебедки с ведрами, нории, водяные колеса, архимедовы винты, цепные насосы и пр. Сфера применения подобных приборов—небольшие группы зданий (хутора), ж. д. линейные казармы и пр. Невысокий коэффициент полезного действия приборов этой группы исключает их применение для водоснабжения населенных мест.

Вторую и самую обширную группу под'емников составляют насосы — наиболее подходящие приборы для поселковых водоснабжений. Чтобы легче разобраться в многочисленных типах насосов, мы предлагаем их классификацию, построенную по следующим признакам:

A. По способу поднятия воды: всасывающие, нагнетательные и всасывающе-нагнетательные; теоретическое количество воды, подаваемой насосом, $Q = FS$, где F площадь поршня и S его ход; эти насосы не дают непрерывного тока воды.

B. По производительности: насосы одиночные, двойные, тройные и многократные; в этом случае $Q = \pi FS \ldots (9)$,

где $\pi = 1, 2, 3 \ldots$ Простейшая конструкция вертикального насоса двойного действия показана на черт. 45.

C. По способу производства разрежения в теле насоса.

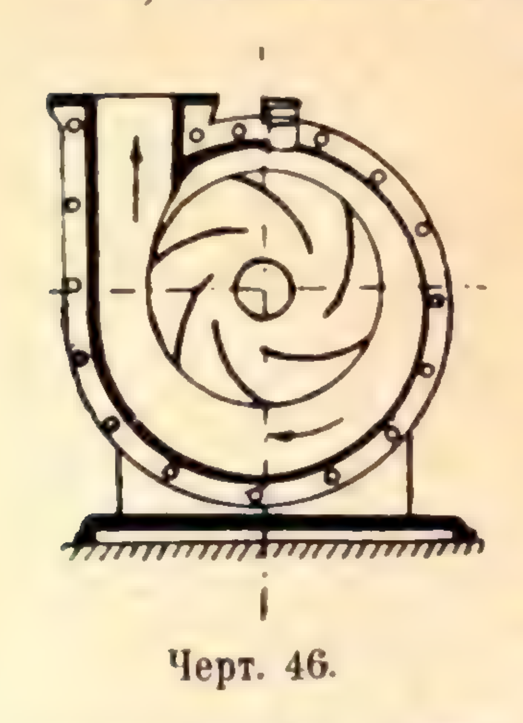
a) Поршневые, в которых разрежение воздуха в теле насоса производится, благодаря поступательному движению поршня. Поршневые

насосы устраиваются горизонтальными, вертикальными и редко наклонными (в шахтах).

b) Насосы с качающимися поршнями; в насосах этого типа разрежение производится поршнем, качающимся в пределах насосного стакана и вызывающего образование вакуума.

c) Насосы ротационные, представляющие собой переход к насосам центробежным; основной частью их конструкции является вращающийся поршень, который, разрежая своим вращением воздух в насосном цилиндре, всасывает воду, а затем нагнетает ее в напорную трубу. Из конструкций ротационных насосов упомянем про кулачные насосы нем. зав. Klein, Schanzler и Becker и ротационные насосы зав. Siemens-Schukkert. Насосы этой группы являются пригодными для под'ема воды в небольших поселках и группах зданий.

d) Насосы центробежные (черт. 46). Действие их заключается в следующем: вследствие вращения колеса, снабженного изогнутыми криволинейными лопастями, в центре насоса производится разрежение, благодаря чему вода притекает в насос по всасывающей трубе. Образующаяся на концах лопастей центробежная сила выжимает воду в напорную трубу. Многочисленные типы центробежных насосов различаются: по способу поступления воды (односторонние, двух-сторонние), по положению вала (горизонтальные, вертикальные) и по давлению (низкого и высокого давления). В старых типах высота под'ема достигала всего 30 *м*, а в новейших возможен под'ем до 600 *м*. Такой под'ем был достигнут путем последовательной установки в одном кожухе нескольких колес (многокамерные центробежные насосы); но за последние 20 лет появились и простые центробежные насосы высокого давления) заводы Borsig в Германии, бр. Sulzer в Швейцарии).



Черт. 46.

D) По роду двигателя.

a) Приводимые силой людей и животных. Эта группа не имеет значения для больших поселков, а только пригодна при под'еме небольших количеств воды для отдельно стоящих зданий.

b) Приводимые силой ветра. Использование силы ветра является особенно удобным для приморских районов (напр., Одесский округ), где часто дуют ветры: но все-таки применение этой энергии вызывает необходимость придавать уравнительным резервуарам большую емкость (двойной — тройной суточный расход) с целью создания запаса в безветренные дни.

c) Приводимые силой воды (водяные двигатели). Использование силы падающей воды в районах действия гидро-электростанций является в этих случаях удобным, так как устраняет всякую необходимость в подвозке топлива. У нас в СССР в курорте Гагры около 15 лет тому назад устроена гидро-электрическая установка для этого курорта.

d) Приводимые силой пара. Удобство добывания паровой энергии, вследствие возможности получения ее сжиганием подходящего для района топлива, дает возможность применения ее повсюду, используя для этой цели паровые машины и паровые турбины.

e) Приводимые силой газа, нефти, керосина. Применение газовых двигателей является выгодным при наличности в поселках газоснабжения, что встречается в СССР, только в крупных центрах. Применение нефтяных и керосиновых двигателей возможно повсюду, куда доставка нефти и керосина будет недорогой (водный транспорт). Особенно выгодным применение этих двигателей будет выгодным в нефтеносных районах: Баку, Грозном, Майкопе.

f) Приводимые силой электричества. Использование электрической энергии находит себе преимущественное применение в районах действия крупных электростанций (Волховской, Штеровской, Земавчальской, Каширской и пр.). Также является необходимым использование электромоторов при устройстве в поселках нескольких артезианских скважин (напр., Киев), если для под'ема артезианской воды приходится применять насосы. Особенно выгодным является использование электрической энергии при устройстве станций, общих для электроснабжения и водоснабжения. Тогда получается полная нагрузка станции: днем электрическая энергия расходуется на водоснабжение, а вечером на освещение.

E. По способу передачи силы двигателя.

Энергия двигателей может быть передана насосом или непосредственно, или же с помощью какой-либо передачи. Непосредственная передача имеет место, когда двигатель и насос насажены на общий вал, чем повышается коэффициент полезного действия всей установки. Этот прием имеет место как для поршневых насосов (паровые насосы Вортингтона, насосы в Одессе), так и для центробежных насосов (водяные или паровые турбины, электромотор и центробежный насос). Передача энергии совершается: посредством качающегося балансира, качания кривого рычага, шатунного механизма, зубчатого зацепления, ременной и канатной передачи и пр. На практике при применении паровых, газовых и керосиновых двигателей приходится чаще всего использовать шатунный механизм, а двигатели Дизеля требуют ременной передачи.

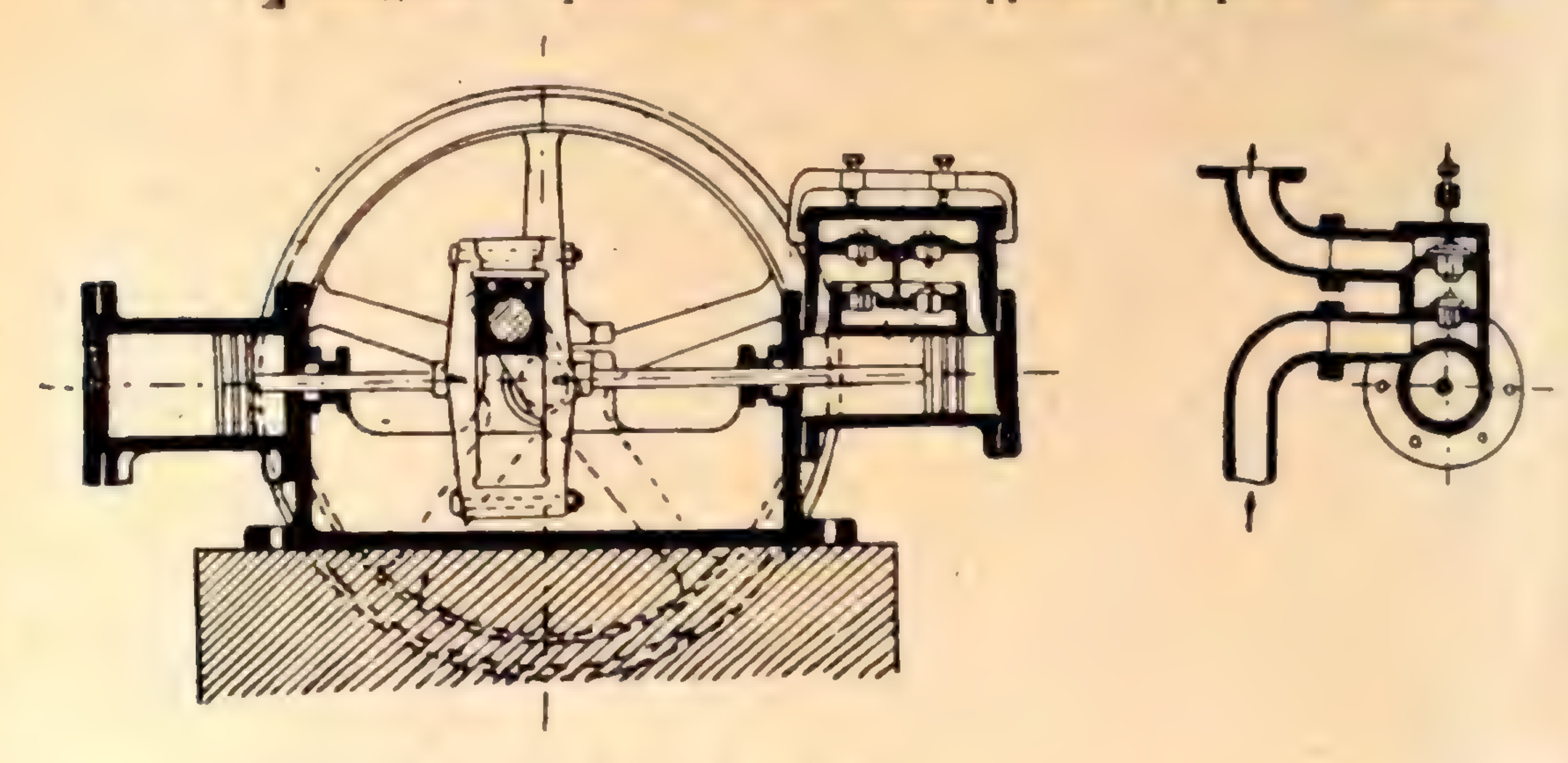
F. По главным элементам для под'ема воды.

При классификации насосов является важным знать, какое количество воды (Q) могут поднимать насосы, на какую высоту (H), сколько оборотов в минуту совершает поршень или лопасти центробежного насоса (n) и какая индикаторная мощность насоса (N_i). В зависимости от этих признаков различают насосы низкого, среднего и высокого давленя, а по числу оборотов — насосы тихоходные и быстроходные.

Ознакомившись с классификацией насосов, мы перейдем к краткому описанию наиболее употребительных типов поршневых и центробежных насосов. Тип парового насоса с шатун-

ной передачей; показанный на черт. 47, принадлежит к числу простейших типов.

Особенность этой конструкции заключается в том, что всасывающие и нагнетательные клапаны расположены в верхней части водяной коробки; такая конструкция позволяет при снятии верхней крышки легко производить осмотр этих клапанов, правильная работа которых имеет большое значение для работы насосов. Из других конструкций паровых поршневых насосов следует упомянуть еще про прямо-действующие сдвоенные насосы сист. Вортингтона, применявшиеся на городских насосных станциях и многих ж. д. станциях в СССР, вследствие простоты своей конструкции. Паровые насосы

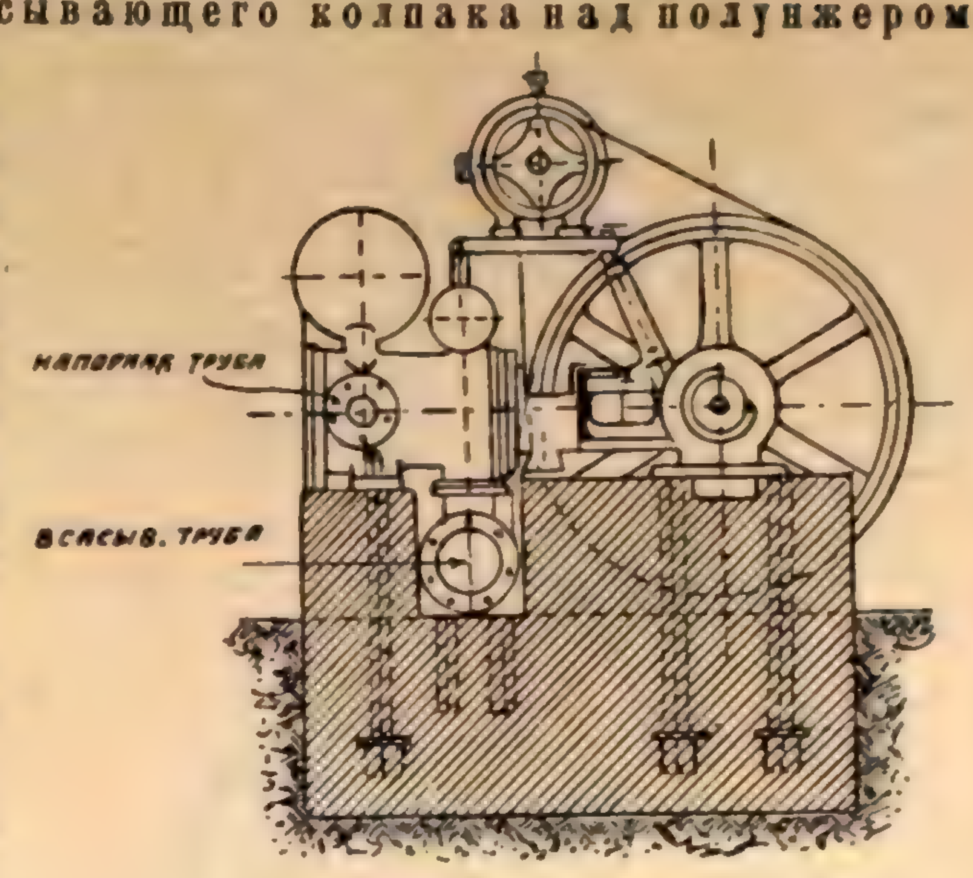


Черт. 47.

сист. Вортингтон расходуют много пара (по нашим испытаниям 35—40 *кг* на 1 л. с.), вследствие чего в новейших конструкциях применяют двойное и тройное расширение (насосы Детского Села) и вводят компенсаторы, играющие роль маховиков в насосах с шатунной передачей. К этому же классу принадлежат и насосы немецкого завода „Odesse“, отличающиеся от насосов Вортингтон некоторыми деталями в распределении. В настоящее время эти насосы вытеснены новейшими типами быстроходных насосов (Express-pumpen) с большим числом оборотов в минуту (от 100 до 300, что ведет, разумеется с одной стороны к их высокой производительности, а с другой к уменшению их размеров и к сокращению площади насосных станций.

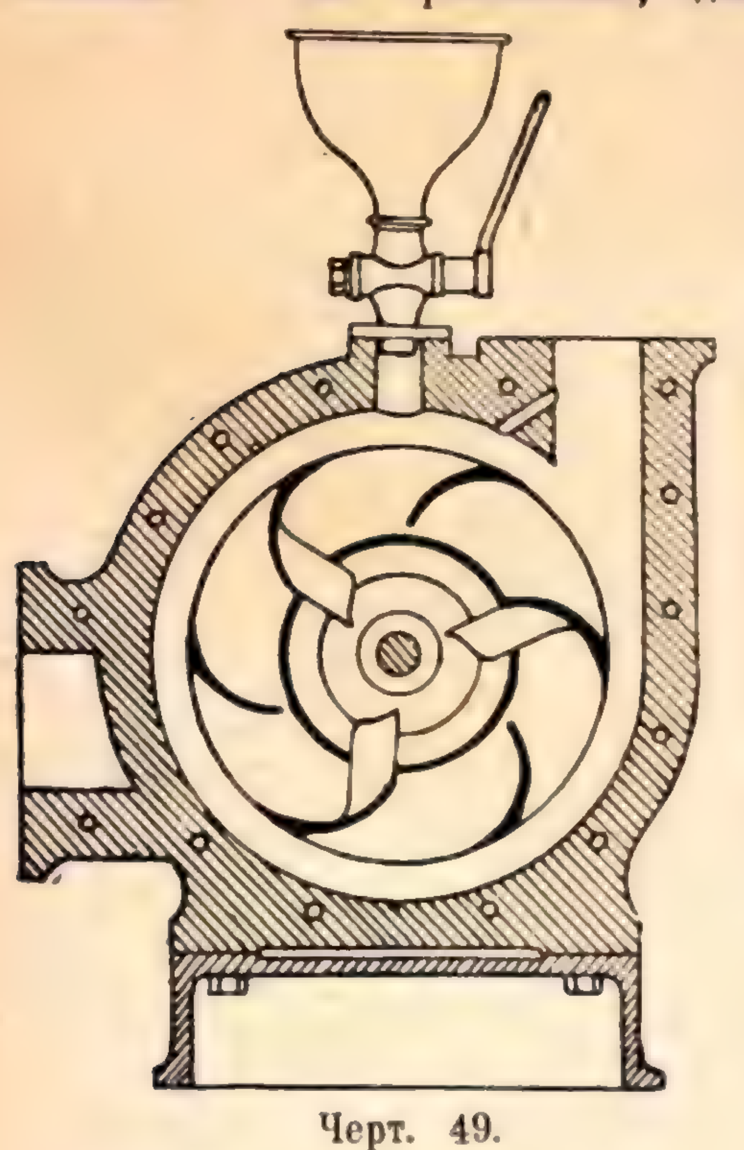
Быстроходные насосы вследствие большого числа оборотов, должны быть соединены с двигателями, с таким же числом оборотов, для чего являются наиболее подходящими электро-моторы. Одним из типов быстроходных насосов является насос Всеобщей Компании Электричества (Allgemeine Elektrocitätsgesellschaft), соединенный с электромотором, поставленным на станине несколько выше насоса (черт. 48). Насос Всеобщей Компании Электричества, получающий движение от электромотора с ременной передачей, изготовляется

на заводах Компании по принципам массового производства. Расположение в этом типе всасывающего колпака над полунжером дает возможность сократить размеры фундамента, что является важным для уменьшения площади водопод'емного здания. Быстроходные насосы изготовляются одиночными или сдвоенными для подачи от 0,125 до 3,5 куб. мет. при 160—250 оборотах в минуту.



Черт. 48.

Быстроходные насосы представляют собой последнюю попытку в области борьбы поршневых насосов с центробежными. Но развитие разнообразных конструкций центробежных насосов, удовлетворяющих всем пред'явленным к ним требованиям, дают им пальму первенства, обеспечивая тем самым победу вращательного движения над поступательным.


Черт. 49.

Многочисленные конструкции центробежных насосов могут быть классифицированы по следующим признакам:

a) по высоте напора (насосы низкого и высокого давления);

b) по роду изгиба лопастей (выгнутые вперед и выгнутые назад);

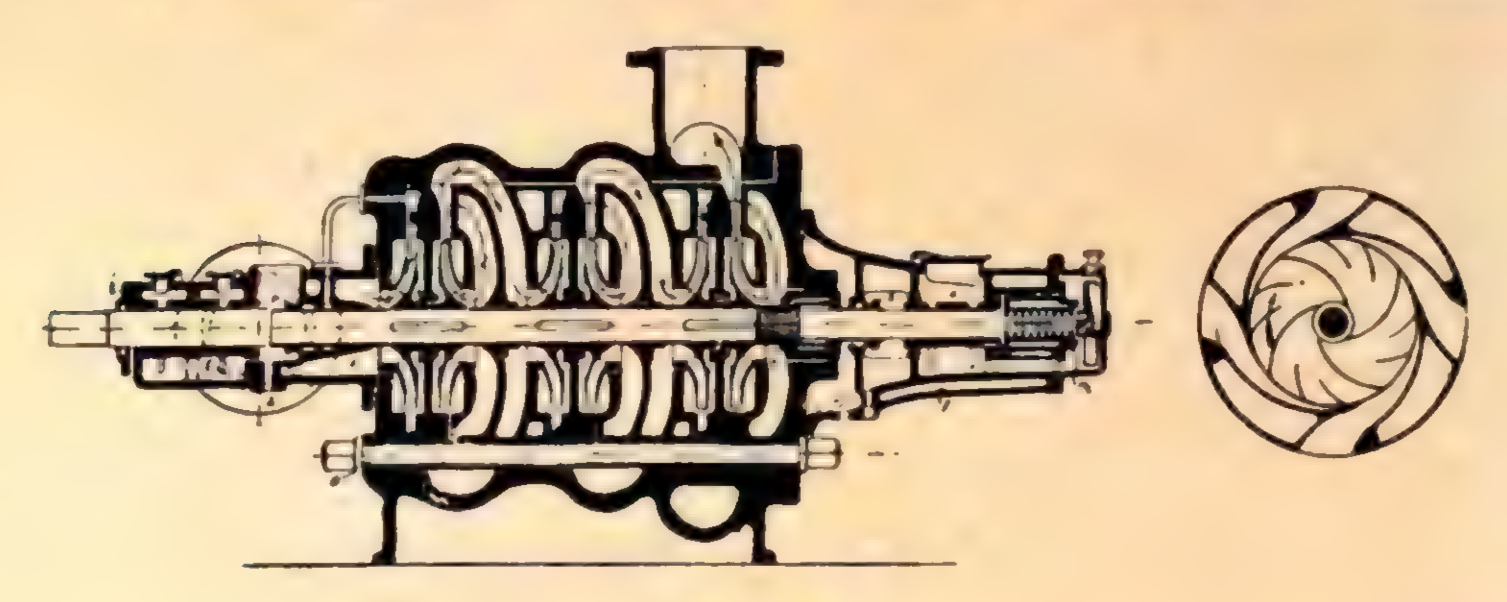
c) по положению оси, на которой насажены лопасти (горизонтальные, вертикальные);

d) по количеству ступеней (колес) в насосе (однокамерные, многокамерные);

e) по способу поступления воды (с односторонним поступлением, с двухсторонним поступлением воды).

Лопасти, выгнутые вперед, применяются в насосах высокого давления, а выгнутые назад в насосах низкого давления; увеличение количества колес в кожухе насоса имело целью повысить общее давление в насосах, хотя в новейших конструкциях (Зульцер, Рато) эта цель достигнута специальным начертанием лопастей; с конструктивной точки зрения поступление воды в насос с двух сторон лучше, чем с одной, так как здесь нет одностороннего давления на центробежное колесо. Чтобы избежать большой потери напора при выходе воды из тела насоса в напорную трубу, в этом месте ставят конический патрубок (рефулер).

В качестве примера насосов низкого давления приведем тип французского завода Wauguier, демонстрированный перед войной



Черт. 50.

на выставке в городах Roubaix Tourcoing (черт. 49). В этом типе вода поступает по всасывающей трубе по двум окружающим его трубам. Производительность насоса, помещенного на этой Выставке—1100 куб. мет./час. Еще лучше двухстороннее поступление воды к насосу осуществлено в типе немецкого завода Borsig, где вода окружает колесо с двух сторон по широким трубам.

Центробежные насосы высокого давления, нагнетая большие количества воды, получают сравнительно небольшие размеры, благодаря их конструкции, состоящей из ряда последовательно насаженных на общей оси центробежных колес (многокамерные насосы). Они соединяются с двигателями, делающими меньшее число оборотов, посредством ременной передачи или непосредственно на одном валу с электромоторами (турбо-насосы). Турбо-насосы строятся для подачи с 0,6 куб. мет. в минуту на высоту под'ема от 30 до 600 мет.

В многокамерных центробежных насосах давление жидкости возрастает в каждом колесе на величину, равную полной высоте напора, деленной на число колес. Таким образом в 10 колесном центробежном насосе, подымающим воду на 200 метров высоты, каждое колесо увеличивает давление воды на 20 метров. На черт. 50 изображен шестикамерный центробежный насос завода бр. Зульцер. Насосы этого завода были применены на водопод'емных станциях г. Киева

и подверглись специальным испытаниям. Данные этих испытаний приведены в таблице № 7.

Таблица № 7.

Тип насоса.	Производительность в кубич. мет/час.	Число оборотов в минуту.	Манометрическая высота под'ема в мет.	Мощность насоса на валу.	Коэффициент полезн. действ.
Однокамерного	500	1.450	49	120	0,72
„	500	960	35	81	0,80
„	310	1.450	87	140	0,71
„	185	1.450	110	106	0,71
„	400	1.450	116	235	0,72
Пятикамерного	148	980	85	65	0,72
„	123	960	110	73	—
Четырехкамерного	148	960	85	68	—

Примечание. Коэффициенты полезного действия проверялись в Киеве, но вследствии затруднений, связанных с организацией испытаний — оказались ниже заводских, а именно 0,64 — 0,68.

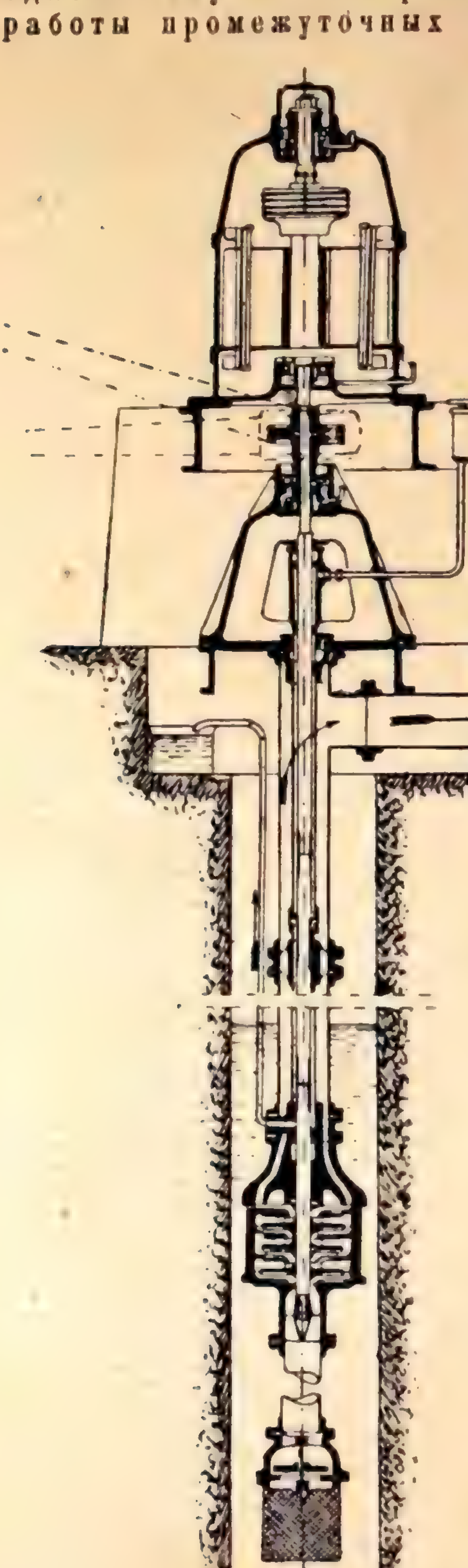
Центробежные насосы применены у нас в Москве, Ленинграде, Киеве, Зиновьевске, Сызрани, Кисловодске, Ессентуках и проч. Вертикальные насосы находят себе применение для под'ема воды из скважин.

При низком горизонте стояния воды в скважинах приходится для ее поднятия опускать насосы в сами скважины, что вызывает увеличение диаметра верхней трубы скважины до 500—700 *мм.* Если вода в скважине стоит невысоко, то целесообразно поставить в ней вертикальный центробежный насос. При большой же глубине стояния можно принять два решения: или сделать на известную глубину шахту с тем, чтобы в ней поставить центробежный насос, или же поставить в скважине штанговый насос.

Сопоставляя между собой вертикальные центробежные и штанговые насосы, нужно отдать предпочтение первым по следующим соображениям.

1) Центробежные насосы работают равномерно, не требуя для себя частого ремонта; постепенное изнашивание некоторых его частей об'ясняется содержанием песку в подземных водах, что влечет за собой понижение их коэффициента полезного действия. Для борьбы с этим явлением необходимо периодически производить смену истертых частей насоса.

2) Центробежные насосы, будучи соединены на одном валу с электромотором, не требуют для своей работы промежуточных передач.



Черт. 51.

3) Центробежные насосы требуют для своего двигателя — электромотора, меньше места, что ведет к сокращению площади будки над скважиной.

4) Центробежные насосы, обладая меньшим весом, требуют за своей работой меньше ухода. Эти преимущества в работе центробежных насосов заставляют нас отдать им предпочтение пред штанговыми. Поэтому с эксплоатационной точки зрения вариант с шахтой и центробежным насосом предпочтительнее глубоководного штангового насоса.

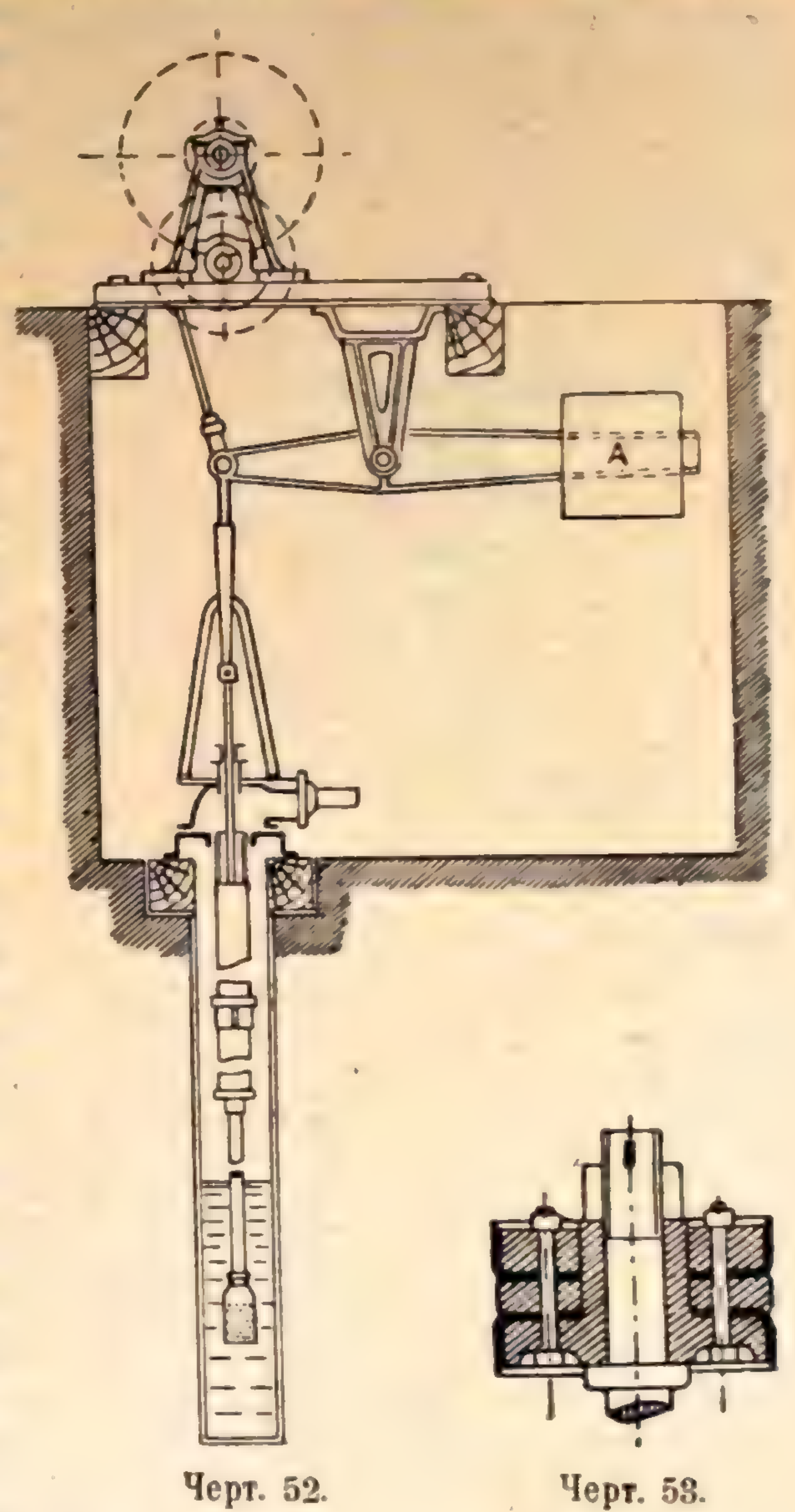
Из группы вертикальных центробежных насосов мы ограничимся только рассмотрением типа насосов Фарко, примененного на многих скважинах Киевского водопровода.

Насос системы Фарко (черт. 51) принадлежит к группе многокамерных насосов, из двух направляющих (диффузоров), из которых артезианская вода поступает в нагнетательную трубу.

Движение свое насос получает от установленного над ним электромотора через посредство упругой муфты. Как видно из черт. 51, насос подвешен к станине, опирающейся на 2 коробчатые балки, заделанные в стенки колодца. Вертикальный вал насоса подвешен на подпятнике, снабженном шариками, и поддерживается бронзовыми направляющими втулками, соединенными с составной трубкой, обхватывающей вал. Эта трубка свя-

запа с нагнетательной трубой посредством фланцев. Смазка оси насоса производится по окружающей ее трубке; смазка удаляется по боковой трубке в особый сосудик, помещенный в левой части шурфа; насос Фарко снабжен пятовым всасывающим клапаном и всасывающей корзинкой.

Для более глубокого залегания артезианских вод применяются *глубоководные штанговые насосы* сист. Войслава, Бурхардта (Москва), Вейзе и Монски (Галле) и пр. На черт. 52 показан тип такого насоса простого действия, приводимого в движение посредством ременной передачи и шкива. В этом типе для уравновешивания работы штанг применен *качающийся противовес* в колодце (шурфе) под полом. Вместо этой конструкции применяли и *насосы с балансиром*, качание которого вызвало изнашивание цапф. Для устранения этого явления, влекущего за собой поломку штанг, посредством которых производится движение насосов, в новейших конструкциях немецкого завода „Вейзе и Монски“ балансир был заменен *трехколенчатым валом*, что дало возможность им работать в течение 1½ лет по Киевскому опыту, без перерыва.

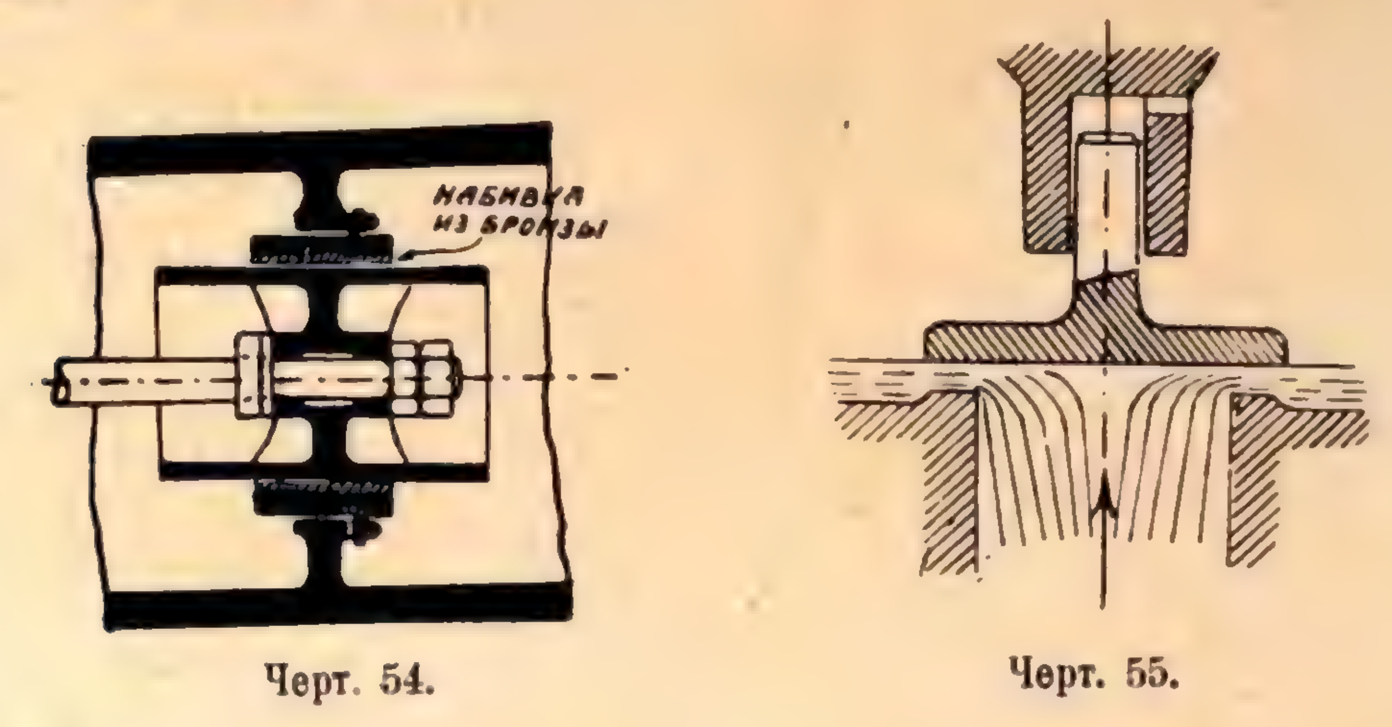


Черт. 52. Черт. 53.

После общего описания наиболее употребительных типов насосов мы считаем нужным дать краткие указания о некоторых *конструктивных деталях поршневых насосов*, имеющих важное значение для продолжительности их службы (поршнях, насосных цилиндрах, клапанах, всасывающих корзинках).

Поршни насосов бывают двух родов: *дисковые* и ныряльные (*плунжерные*). *Дисковые* поршни применяются, преимущественно, в *насосах двойного действия* и требуют расточки насосных цилиндров, к стенкам которых они прилегают плотно. Уплотняющие кольца дисковых поршней делаются из металла, меди, фосфористой бронзы,

кожи и пеньки. Тело поршней, обыкновенно, делается из чугуна. Простейший тип дискового поршня с кожаными манжетами показан на черт. 53. Прикрепление уплотнительных колец к дисковому поршню препятствует надзору за их состоянием. При больших давлениях и при перекачке нечистых жидкостей находят себе применение ныряльные поршни. Они не требуют расточки поршневого цилиндра, мало изнашиваются и могут быть легко уплотнены при помощи особого сальника, болты которого можно подтягивать по мере надобности. При малых диаметрах ныряла делаются из стали, бронзы и чугуна, а при больших полыми, чугунными. На черт. 54 показан тип ныряла, точеного, цилиндрического с гладкими набивочными кольцами из бронзы, пригодного для работы на большие высоты.



Черт. 54. Черт. 55.

Насосные цилиндры делаются из литого железа, бронзы и чугуна. Толщина их стенок S легко может быть определена по эмпирическим формулам:

$S = 0{,}02D + 1$ *см* . . . . (10) для вертикальной отливки,

$S = 0{,}025D + 1{,}2$ *см* . . (10′) для горизонтальной отливки,

где D внутренний диаметр цилиндра; второй член этих формул введен как добавка на точность отливки.

Поршневые штоки насосных цилиндров делаются обыкновенно из стали, как такие части насоса, которые, подвергаясь переменной нагрузке, постоянно перемещаются во время работы насоса.

Клапаны в насосах играют важную роль, так как от их своевременного открытия и закрытия, устанавливающего коэффициент наполнения насосов, зависит полезная работа последних.

Условия, которым должны удовлетворять клапаны, заключаются в следующем:

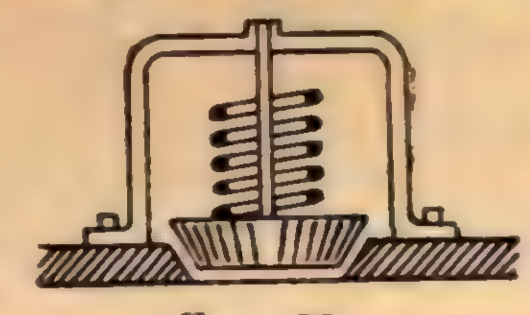
a) Клапаны должны быть непроницаемы;

b) „ „ быстро открываться, не требуя для этого больших усилий (уменьшение мертвого веса);

c) Клапаны должны давать быстро большие проходы для воды;

d) „ „ легко и своевременно закрываться, при чем это закрытие должно быть обеспечено весом пружины.

На практике трудно удовлетворить всем этим условиям вместе, так как они находятся между собой в некотором противоречии. Для лучшего ознакомления с конструкциями клапанов мы предлагаем следующую их классификацию: a) по типу клапана: шарнирные, дисковые, шаровые, конические, кольцевые, створные и под'емные; b) по количеству ступеней в клапане: одноступенчатые, двухступенчатые, многоступенчатые и этажные.



Черт. 56.

Чаще всего встречаются в конструкциях поршневых насосов клапаны дисковые и конические.

Дисковой клапан (черт. 55) представляет собой плоскую плиту, прилегающую к седлу узким кольцом с притертой поверхностью и направляемую в своем движении сверху или снизу центральным штифтом или 3—4 отлитыми ребрами.

Если поверхность соприкасания клапана с седлом не плоская, а конусообразная, то такой клапан называется коническим (черт. 56).

В типах насосов, пригодных для поселкового водоснабжения, двухступенчатые и многоступенчатые клапаны не применяются, вследствие чего мы и не будем приводить их типов.

Клапаны и их седла в корпусе насосов делаются из красной бронзы, а при больших давлениях из фосфористой бронзы. При умеренных давлениях пользуются также для уплотнения поверхностей соприкасания кожей, резиной или каучуком.

Черт. 57.

Ознакомившись с наиболее употребительными типами насосов, перейдем к определению их мощности:

Полезная мощность насосов в лошадиных силах (эффективная, черт. 57) N_{ef} определяется из выражения:

$$N_{ef} = \frac{\Delta\, Q\ (h_s + h_d + h_{ws} + h_{wd}}{75\ \eta} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (11),$$

где h_s — высота всасывания, h_d — высота нагнетания, h_{ws} — потеря во всасывающей трубе, h_{wd} — потери в нагнетательной трубе, Q — количе-

ство поднимаемой воды, Δ вес 1 *куб. м* воды и η — коэффициент полезного действия.

h_{ws} и h_{wd} определяются из выражения:

$$h_{ws} = \frac{(1,10-1,15)\,CQ^2 l_s}{d^5} \ldots (11\text{-a}) \quad h_{wd} = \frac{(1,10-1,15)\,CQ^2 l_d}{d^5} \ldots (11\text{-b})$$

где $C = \frac{100\sqrt{R}}{b+\sqrt{R}}$; $b = 0,25 - 0,3$ (по форм. Гангилье и Куттера, дальше будут даны таблицы).

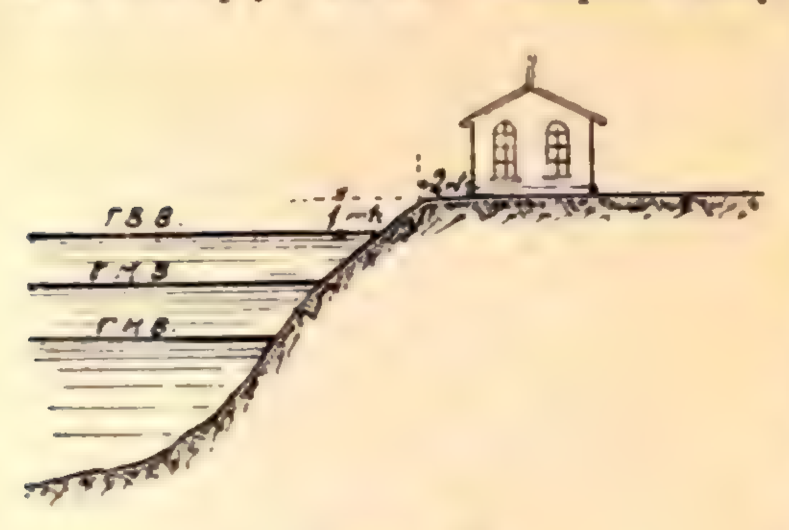
Значение η колеблется от 0,5 до 0,85, при чем более высокие пределы достигаются в насосах новейших конструкций.

§ 25. Насосные станции. Ознакомившись с насосами, мы перейдем к изложению оснований, для проектирования насосных станций.

Вследствие необычайного разнообразия в типах насосных станций, несколько ослабляемого в поселковых водоснабжениях, мы предполагаем сначала их классификацию, которую строим по трем признакам:

1) по роду источника водоснабжения;
2) по ее назначению в поселковых водоснабжениях;
3) по роду двигателя.

К первой группе принадлежат те насосные станции, которые поднимают воду из источника водоснабжения на очистные сооружения, которые могут отсутствовать в случае использования доброкачественных источников (ключевая и подземные воды).



Черт. 58.

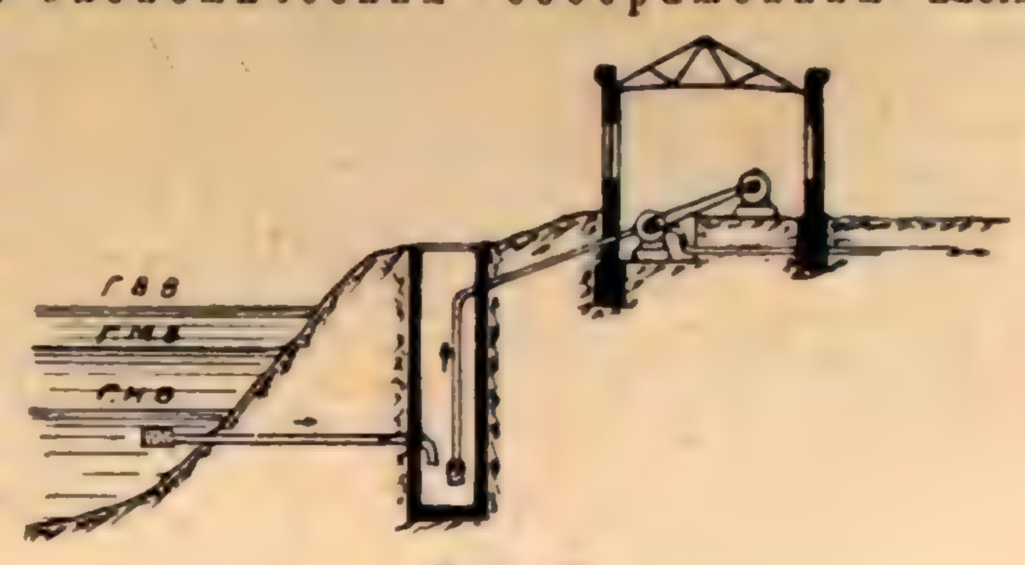
При использовании открытых источников водоснабжения необходимо пол насосных станций располагать на 1 метр выше горизонта самых высоких вод (черт. 58). Но так как всасывание воды производится с горизонта самых низких вод, то при больших колебаниях горизонта приходится при конструировании насосной станции заранее учесть эти факторы. В лучшем случае приходится опускать ту часть станции, в которой стоят насосы, и тогда насосная станция примет следующий вид (черт. 59).

Такой же случай будет и тогда, когда приходится поднимать грунтовые воды, притекающие в сборный колодезь, на глубине, превышающей высоту всасывания. Наконец, та же причина на реках с большим колебанием горизонтов может заставить поместить насос в глубоком колодце (черт. 60).

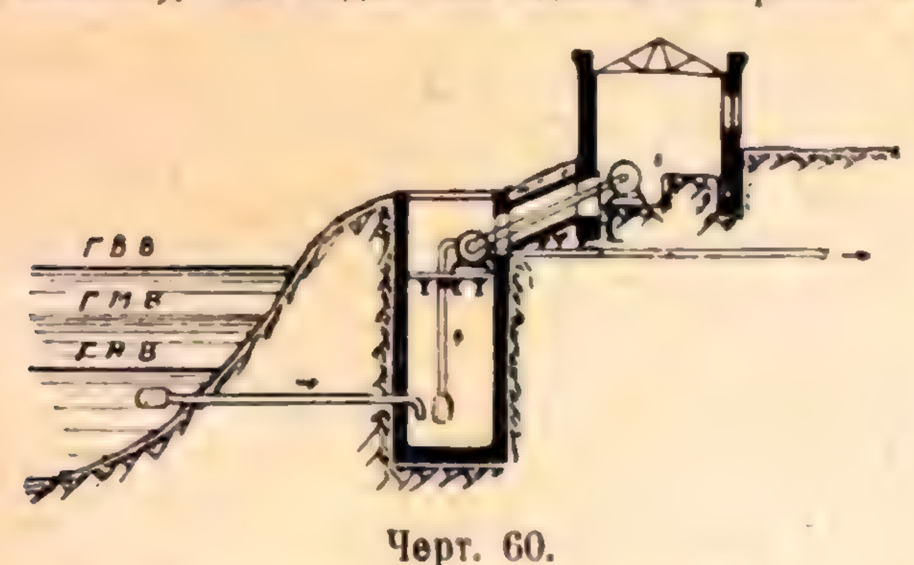
Другим типом насосных станций будет небольшая будка для под'ема воды из артезианской скважины (черт. 61).

Здесь двигатель (электромотор) стоит наверху и связан вертикальной осью с насосом.

По назначению различают: станции для под'ема воды из источников водоснабжения (станции I порядка), станции для под'ема очищенной или чистой воды в поселках (станции II пор.) и станции для под'ема воды в более высокой части города (станции III пор.). В поселковых водоснабжениях желательно по экономическим соображениям иметь только одни насосные станции I порядка, поднимающие чистую воду в поселок; подобный случай будет иметь место лишь тогда, когда источник снабжения не будет нуждаться в очистке. Но для поселков с источником водоснабжения, требующим очистки, вследствие небольших размеров установки, является выгодным устанавливать в одном здании насосы I и II под'ема, чем облегчается надзор за работой машин, и в результате получится одно здание с насосами I и II под'ема. Впрочем, такое решение имеется и на крупных насосных станциях (Москва, Рублевская насосная станция). Станции для под'ема воды в пределах поселка могут встречаться только в горных местностях (напр., Курортные города Кавказа), где отдельные здания построены на различных высотах, и где было бы невыгодно из-за них держать всю сеть под избыточным напором.

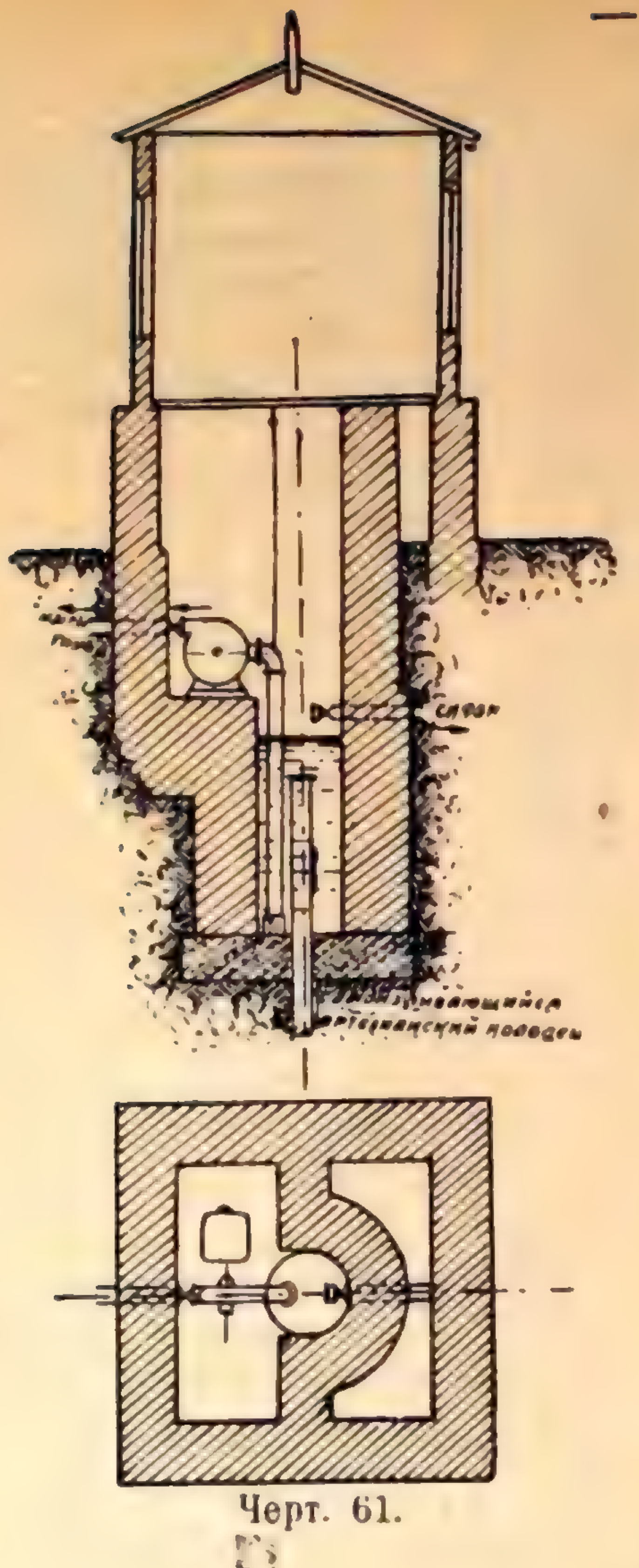


Черт. 59.



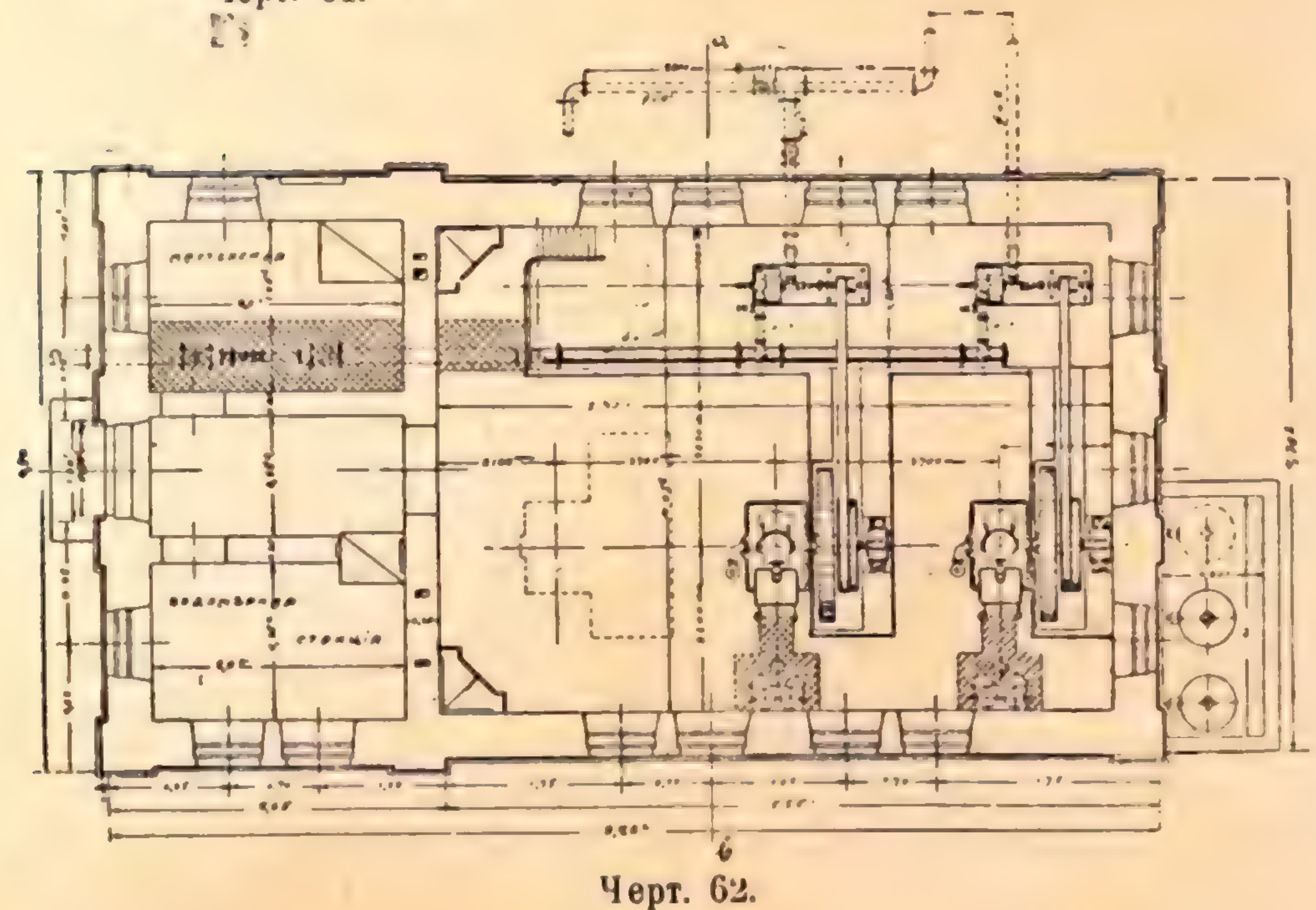
Черт. 60.

По роду двигателей насосные станции могут быть: паровыми, газовыми, нефтяными, керосиновыми и электрическими. Выбор двигателя для каждого пункта обоснован на сравнении их строительной и эксплоатационной стоимости в зависимости от существующих цен на топливо. Стоимость топлива слагается из трех величин: стоимости добывания, стоимости транспорта (сухопутного и водного) и стоимости транспорта от сухопутных или водных станций до насосных станций. Можно наперед сказать, что в районе добывания угля (Донецкий бассейн) будет выгодной паровая насосная станция, в нефтяном районе (Баку, Грозный) окажется выгодным применение нефтяных и



Черт. 61.

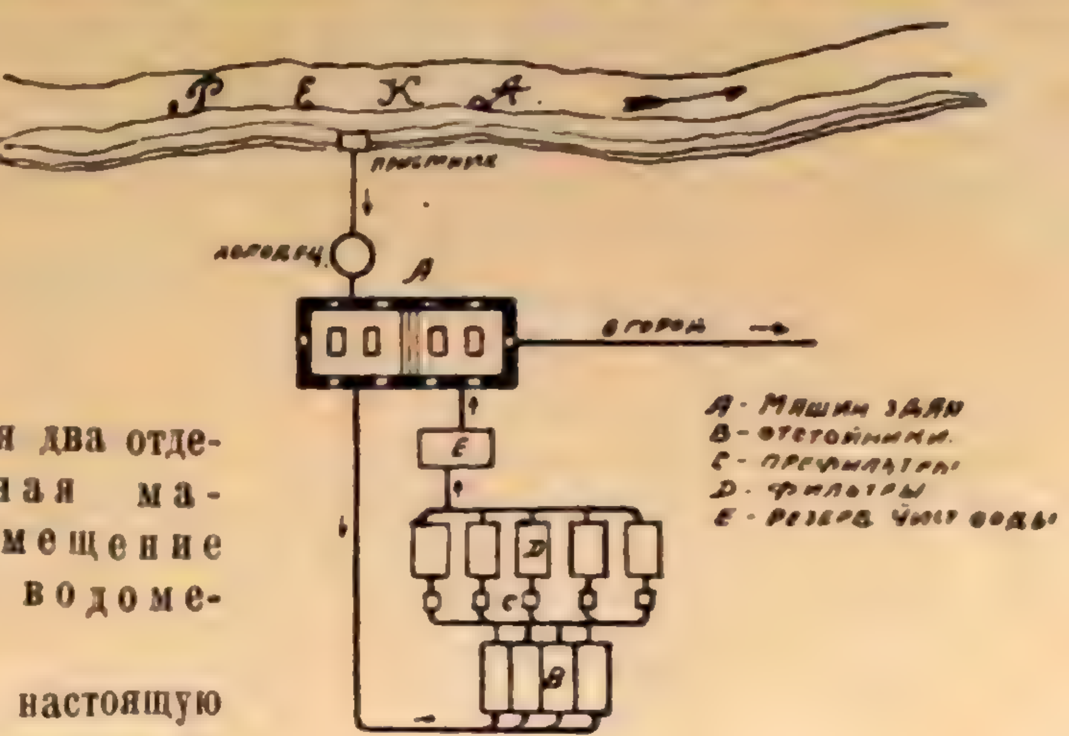
керосиновых двигателей. При возможности же использовать городскую электрическую энергию или энергию районной электрической станции будет целесообразно применить электрические двигатели; в последнем случае при установке центробежных насосов, приводимых в движение электромоторами, получится простая конструкция станции, требующая малого за ней ухода. В заключение, в качестве примера приведем описание с проектированной нами насосной станции с дизелями и электромоторами для грунтового водоснабжения г. Камышина для подачи 1.800 *куб. м.* воды в сутки (расход воды, близкий к расходу больших поселков (черт. 62). Здесь были избраны нефтяные двигатели вследствие дешевизны нефти, транспортируемой по Волге, мощностью 40 л. с. каждый, приводящие в движение центробежные насосы, мощностью в 32 л. с., опущенные ниже пола машинного здания для уменьшения



Черт. 62.

высоты всасывания. Каждый насос снабжен двумя задвижками для возможности его выключения на случай ремонта, манометром, вакуумметром, обратным и приемным клапанами.

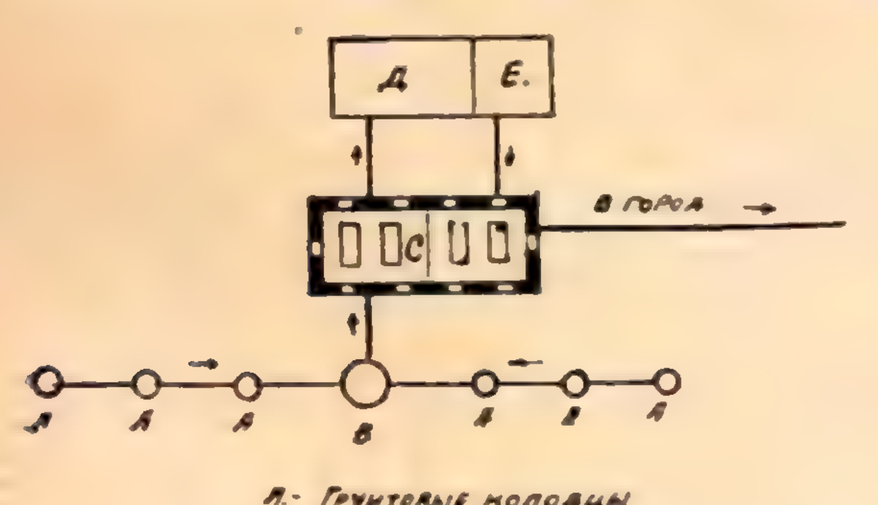
Количество подаваемой насосной станции воды определяется устанавливаемым на напорной линии водомером, сист. Ланге (см. лев. часть чертежа).



Черт. 63.

Кроме машинного отделения, в здании станции еще имеются два отделения: ремонтная мастерская и помещение для контроля водомеров.

Заканчивая настоящую главу, мы считаем нужным дать еще краткие общие указания о типе насосных станций для поселков. Число насосных аггрегатов должно быть от 2 до 3, в зависимости от расхода воды; в первом случае будет работать один насос, а другой будет запасной, а во втором случае будут работать два насоса, а третий будет запасным. Если топливо должно подаваться в машинное здание (дрова, уголь, нефть), то это лучше производится из отдельно стоящего сарая по узкоколейным путям. Само здание для обслуживающего станции персонала должно быть построено отдельно от здания насосной станции, или, если бы оказалось возможным, то обслуживающий персонал мог бы жить в обычных зданиях поселка и приходить лишь на время работы. На дворе станции должна быть уборная; для предотвращения загрязнения почвы, целесообразно здесь применять торфяные клозеты.



Черт. 64.

§ 26. Станции для под'ема и очистки воды. На основании вышеизложенного нетрудно составить общие схемы устройства насосных и очистных станций для поселков.

Схема такой станции для речной воды с английской фильтрацией показана на черт. 63. Здесь можно видеть насосную станцию,

очистные бассейны, английские фильтры и резервуар очищенной воды. При американской системе фильтрации эта схема несколько упростится, так как отстойники и фильтры разместятся в одном здании. Другая схема нами приводится для поданияг рунтовой воды, подвергающейся обезжелезыванию (черт. 64). Здесь, в случае глубокого залегания подземных вод, наносные станции устраиваются в виде опускного колодца, в нижней части которого устанавливаются насосы I-го под'ема, а в верхней насосы, поднимающие очищенную воду в город.

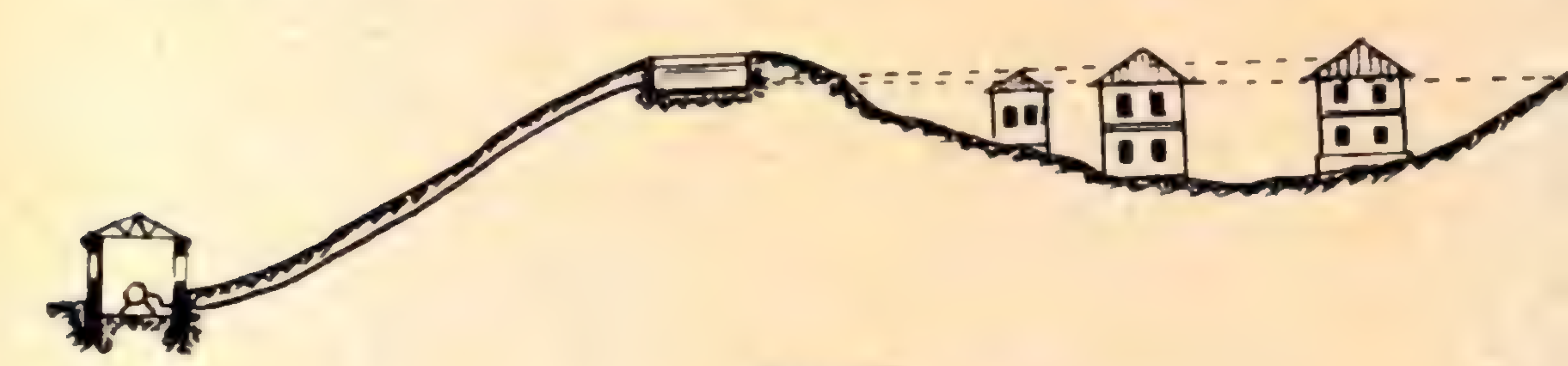
Литературные источники:

1) Проф. Худяков. — Построение насосов.
2) Дамэ. — Поршневые насосы.
3) Хедер. — Насосы и компрессоры.
4) Проф. А. А. Бурдаков. — Поршневые насосы, с атласом, 1924.
5) Л. Кванц. — Современные центробежные насосы, Госизд. 1924.
6) Hartmann und Knocke. — Die Pumpen.
7) Körting. — Wasser und Kanalisations verke.
8) Проф. Б. К. Правдзик. — Водоснабжение, 1905.
9) Проф. Н. А. Кашкаров. — Курс Водоснабжения, 1926.

ГЛАВА IX.

Сооружения для уравнения расхода и давления.

§ 27. Типы сооружений для уравнивания расхода и давления. Уравнительный резервуар, воспринимая в себя поданную насосами или притекшую самотеком воду, имеет своим назначением уравновешивать те колебания, которые вызываются неравномерным в течение дня потреблением воды в поселке.



Черт. 65.

Если бы не было уравнительного резервуара, то насосная станция должна была бы состоять из нескольких насосов, которые бы пускались в ход соразмерно колебаниям в водопотреблении поселка. Но такое решение применимо только для крупных городов, где количество заключающейся в сети воды само по себе уравнивает колебания, которые в этом случае легко парализуются работой машин. Уравнительный резервуар может быть устроен в виде бассейна, врытого в грунт, что возможно только тогда, когда пред входом в город или в самом городе будет подходящая для этой цели возвышенность (черт. 65).

Если возвышенность находится в конце поселка, то в этом случае выгодно устроить резервуар, в этом пункте, называемый в данном случае контр-резервуаром. Схема водопровода с контр-резервуаром показана на черт. 65. (Москва, Воробьевский резервуар).



Черт. 66.

Но, если поселок не обладает нужной для устройства резервуара высотой, то приходится создавать такое же положение искусственным путем, т.-е. строить водонапорную башню. Тогда схемы, показанные на черт. 65—66 примут, следующий вид (черт. 67-а, b).



Черт. 67-а.

§ 28. Определение емкости уравнительных сооружений. Прежде чем перейти к описанию конструкции уравнительных резервуаров, нужно рассмотреть вопрос о величине их полезной емкости. Эта емкость не должна быть значительной, так как в противном случае произойдет застаивание воды, что ухудшает ее питьевые качества. Прежде стремились резервуарам придавать даже суточную емкость, желая с одной стороны создать запасы воды на случай порчи машин, а с другой стороны — легко регулировать все колебания в водопотреблении.



Черт. 67-b.

В настоящее время некоторые специалисты рекомендуют для определения емкости уравнительных резервуаров пользоваться выражением

$$V = 0{,}25\,Q + n q_i t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12),$$

где Q средний суточный расход, n — число одновременно действующих гидрантов во время пожара, q_i — количество выбрасываемой одним гидрантом воды в минуту и t — число часов, в которое продолжается пожар. Для пожарного гидранта в поселке, где высота домов будет не выше 2 этажей (общественные здания могут быть построены и в 3 этажа) — q_i может быть принято в 500—600 лит. в минуту, для n достаточно принять значение 2, имея в виду, что в поселке здания часто отстоят друг от друга на среднем расстоянии в 20 *м*; для t — берут от 2 до 4 часов в зависимости от количества пожарных снарядов в местной пожарной команде. Тогда после подстановки этих значений в выражение (12), последнее примет следующий вид:

$$V = 0{,}25\,Q + 2.500\,.\,4.60 = 0{,}25\,Q + 240 \text{ кб. м } . \quad (12\text{-а}).$$

Такая полезная емкость осуществима без больших затрат при устройстве уравнительного резервуара в грунте, для чего особенно выгодно в целях сокращения об'ема земляных работ располагать его в полу-выемке — полу-насыпи.

Предельным значением для V при суточном расходе в 1875—2000 *кб. м* будет 710—740 *кб. м*, при чем тут нужно иметь в виду, что пожарный запас в этом случае будет составлять около $^1/_3$ емкости всего бассейна.

Для водоемного здания, где бак помещается на известной высоте над поверхностью земли, можно пользоваться формулой (12 и 12-а) только при наличности свободных средств, имея в виду, что стоимость водоемного здания составляет от 10 до 15% небольшого водопровода.

Так как эта формула (12) построена на 2 сменной работе насосов (16 часов), то в целях уменьшения емкости баков можно пользоваться вместо формулы (12) облегченной формулой (13).

$$V = 0{,}10\,Q + 2\,.\,2.500\,.\,60 = 0{,}10\,Q + 120 \;.\;.\;.\;. (13).$$

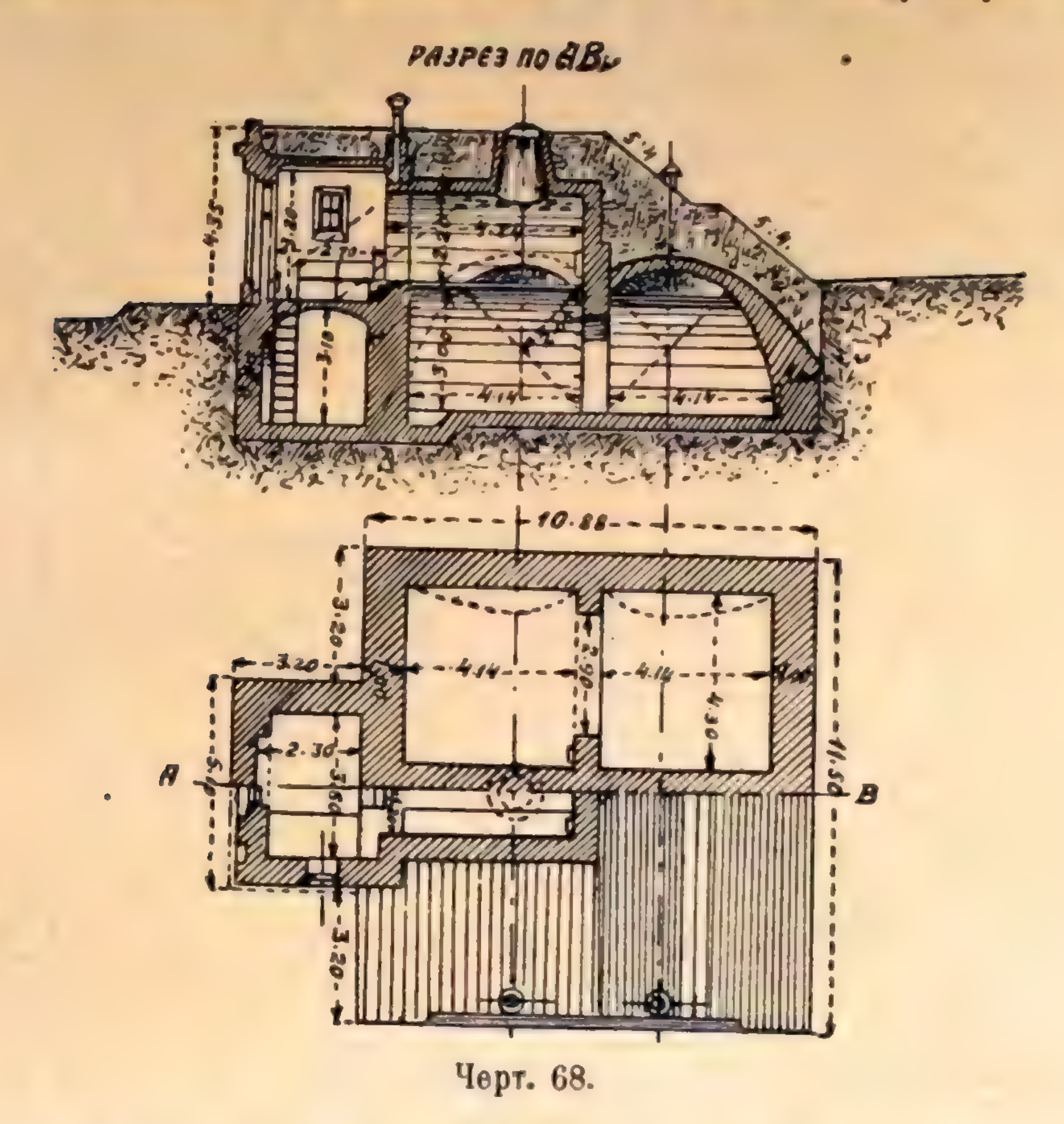
Максимальная величина для V будет около 300 *кб. м*, что уже является более дешевым для постройки. Но такое значение возможно, если только продолжить работу насосов на ночное время.

§ 29. Резервуары и водоемные здания. Установив полезную емкость уравнительного резервуара или бака, мы перейдем к рассмотрению вопроса об обслуживающих их трубопроводах и др. принадлежностях. Во всех случаях эти уравнительные сооружения должны иметь: 1) напорную трубу; 2) разводящую; 3) холостую для выпуска излишней воды и спускную трубы; 4) прибор для измерения уровня воды в баке и 5) электрическую сигнализацию. Кроме того, на башнях необходимо устраивать громоотводы. Если башня стоит в городе или является настоящим контррезервуаром, то одна и та же труба является напорной и разводной, сообразно ее действительной работе.

Уравнительные резервуары для водоснабжения поселков должны состоять из двух отделений, благодаря чему легко производится их

очистка и ремонт. Они могут иметь прямоугольную и круглую форму и устраиваются из бута, кирпича, бетона и железо-бетона. Примером прямоугольного бетонного резервуара емкостью в 200 *кб. м* служит показанный на черт. 68.

Примером круглого резервуара может служить двойной железо-бетонный резервуар с плоским перекрытием, спроектированный нами для водоснабжения г. Камышина (черт. 69). Здесь между двумя отде-



Черт. 68.

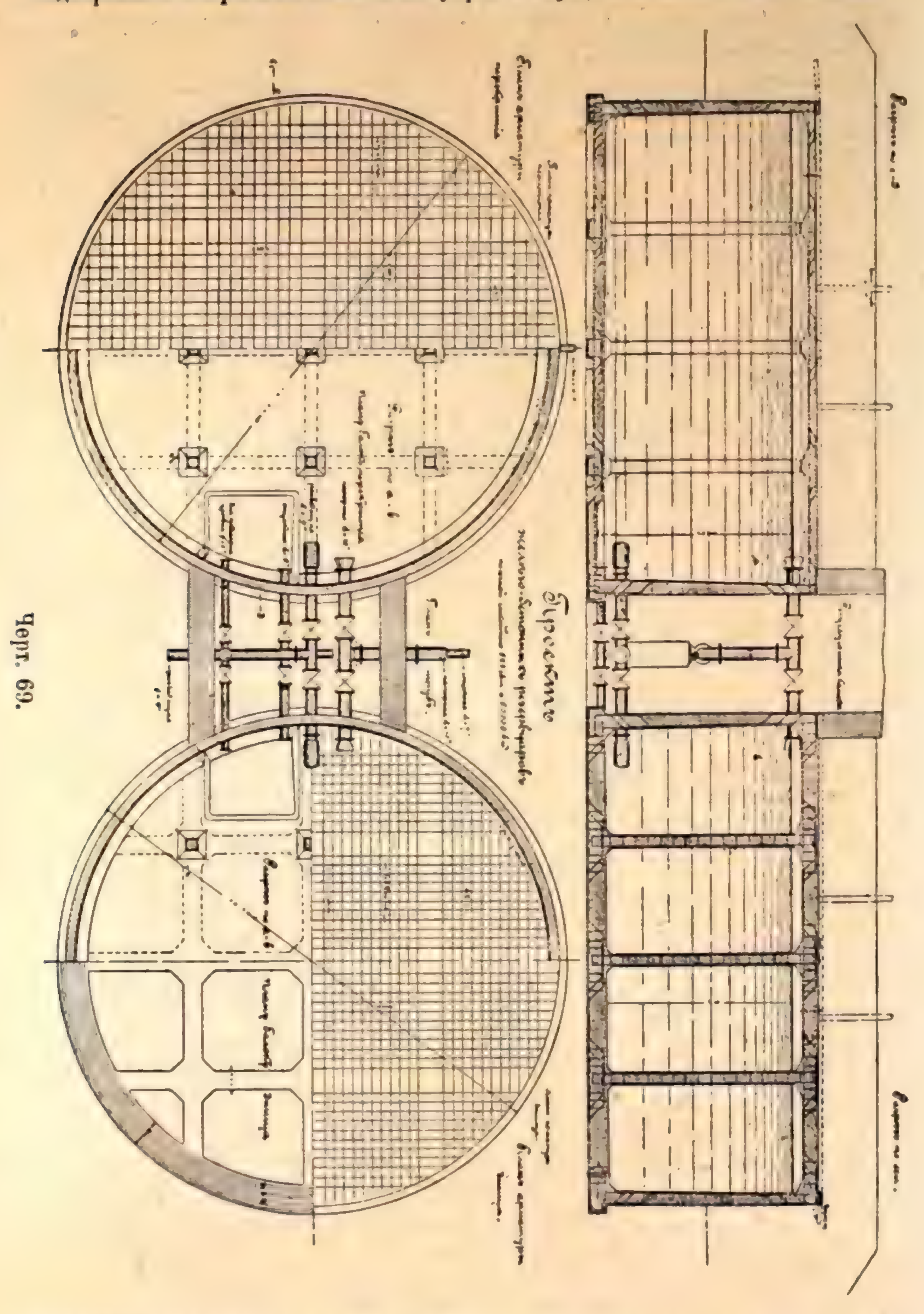
лениями устроена сухая камера, в которой уложены трубы различных назначений, имеющие разветвления для каждого из резервуара; ветви в резервуарах заперты задвижками, благодаря чему возможно выделение из работы любого резервуара.

Для вентиляции резервуара устроены в потолке каждого отделения вытяжные трубы диам. 125 *мм.*

Перейдя к описанию конструкции водонапорных башен, мы остановимся несколько на форме резервуара. Резервуары могут быть устроены с прямоугольным (70-а), сферическим (70-b) с полушаровым днищем и днищем по способу проф. Инце (черт. 70-с).

Тип прямоугольного днища, находивший себе применение в старинных конструкциях водоемных зданий (Московские, Крестовские водонапорные башни), является неудобным, так как здесь бак должен быть установлен на клепанных балках, вследствие чего днище

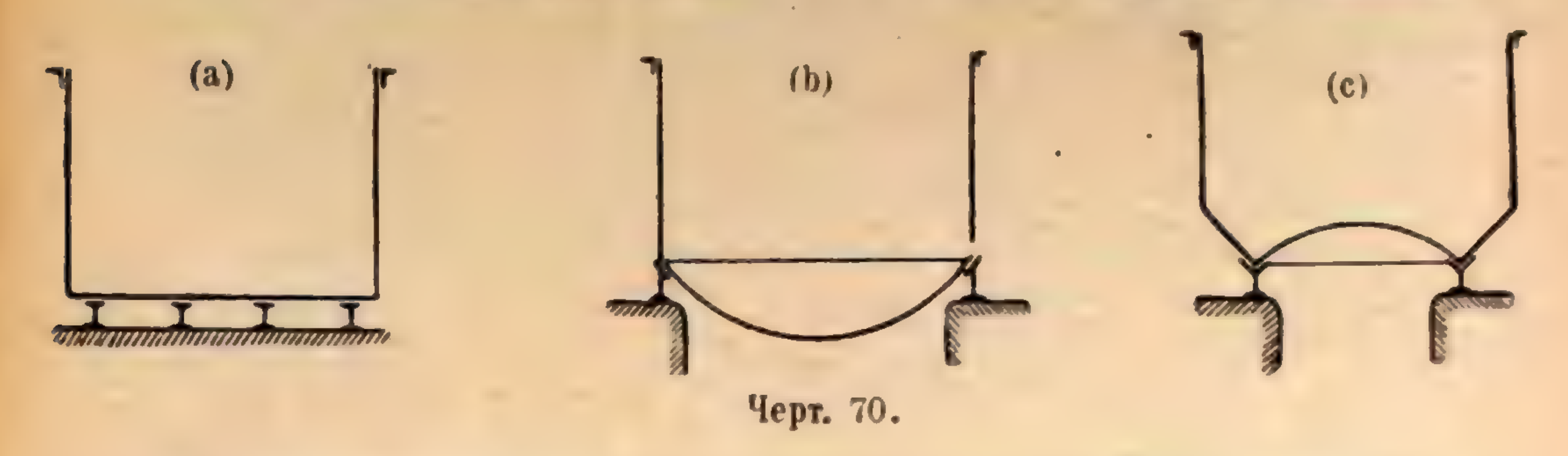
является недоступным для осмотра. Сферическое днище подвергается горизонтальному распору, вследствие чего и было



Черт. 69.

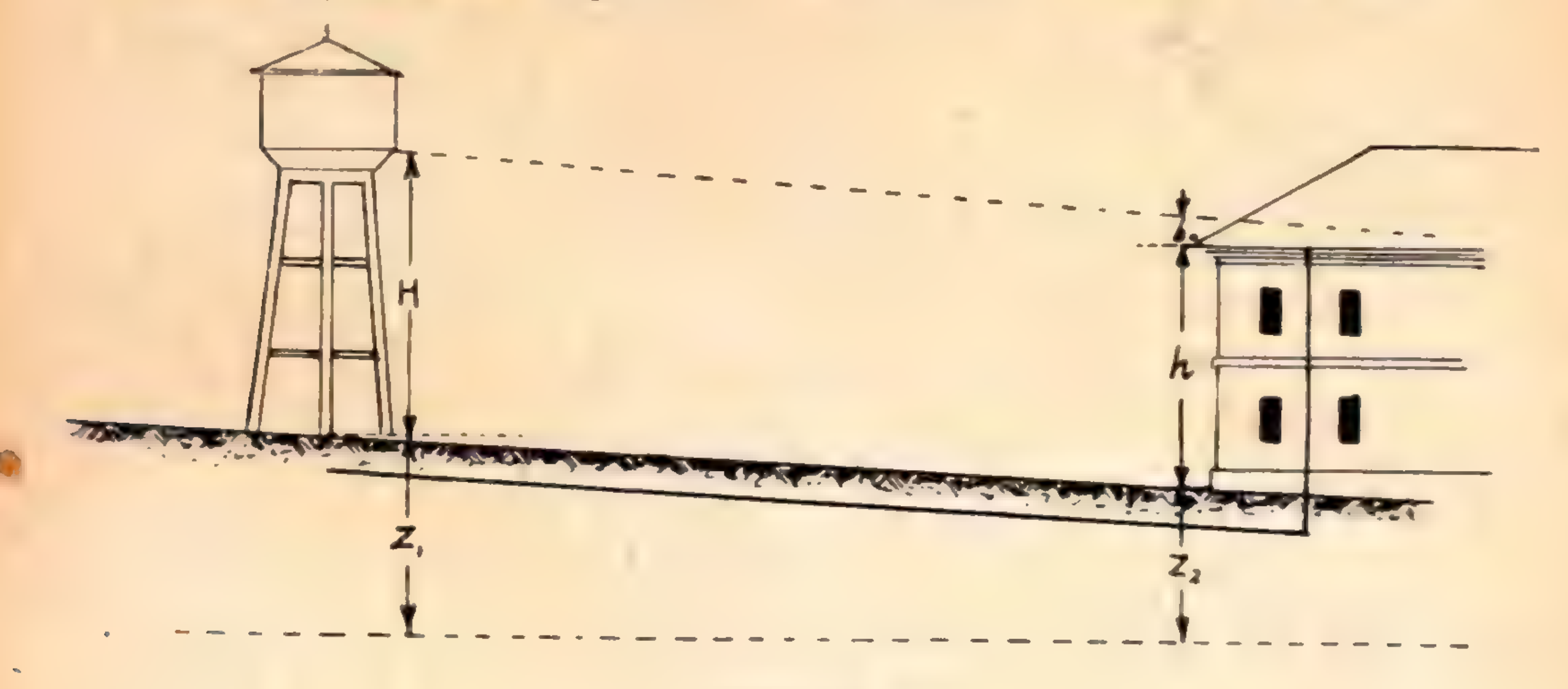
предложено шаровое днище, в котором этот распор уничтожен. Но трудность в клепке сферического днища вызвало появление бака сист.

профес. Intze, который придал ему специальное очертание, состоящее из двух конусов и обратного купольного свода и подобрал так углы этих частей дна, что совершенно уничтожил горизонтальный распор. Кроме того, в этом типе перемещение опоры к центру пересечения конической и сферической частей уменьшает об'ем кладки в поддерживающих бак стенах, чем дают экономию



Черт. 70.

безо всякого ущерба для службы сооружения сравнительно с баками со сферическим или полушаровым днищем. Достоинства баков сист. Инце дают нам право привести здесь водоемные здания только с баками этого типа, каковые у нас применены в г. Краснодаре, Харькове, Николаеве, Прилуках, Черкассах и др.



Черт. 71.

Стены уравнительного резервуара и водоемного здания могут быть сделаны из бута, кирпича, бетона и железо-бетона; для башен как мы увидим дальше, имеется и железная конструкция. Выбор материала для их постройки зависит исключительно от их стоимости для данного пункта и от ставок на рабочие руки.

Высота стен определяется на основании гидравлического расчета, устанавливающего положение низа бака над поверхностью земли. С целью уменьшения этой высоты, всегда выгодно использовать повышение местности для расположения водоемного

здания (черт. 71), что видно из следующего уравнения, составленного на основании известной в гидравлике теоремы Бернули:

$$H + Z_1 = h + h_0 + \Sigma h + Z_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14),$$

где H — высота водоемного здания до низу цилиндрической части бака, Z_1 — отметка местности, на которой стоит это здание, h — наибольшая высота поселкового жилого здания, h_o — напор, затрачиваемый на преодоление сопротивлений при движении жидкостей в домовом водопроводе, а Σh — те сопротивления, которые затрачивает вода при движении по наидлиннейшей трубе сети от здания до дома, Z_2 — отметка места, на котором стоит поселковый дом.

Из уравнения (14) получаем, что высота водоемного здания

$$H = h + h_0 + Z_2 - Z_1 + \Sigma h \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15);$$

в этой формуле все члены правой части для известного случая постоянны, но с изменением величины $Z_2 - Z_1$, зависящей от составителя проекта, меняется несколько и Σh, зависящая от длины разводной линии. Для h при условиях постройки двухэтажных зданий в поселке будет достаточно взять 8 *м*, h_o равняется приблизительно 2—2,5 *м*, отсюда $h + h_o = 10$ *м*: ΣH при применении формулы Гангилье-Куттера будет равно $\frac{CQ^2}{d^5} \cdot L$, где d должен быть установлен расчетом, но для нашего случая d колеблется от 250 до 100 *мм*, $C = \frac{100\sqrt{R}}{0{,}25 + \sqrt{R}}$, (см. дальше таблицы); L длина разводной линии наибольшего протяжения, тогда выражение (15) превратится в

$$H = 10 + \frac{100\sqrt{R}}{0{,}25 + \sqrt{R}} \cdot \frac{Q^2}{d^5} \cdot L + Z_2 - Z_1 \quad . \quad . \quad (16).$$

Если $Z_2 - Z_1$ будет иметь отрицательное значение, то H уменьшится на эту численную величину, что является выгодным с экономической точки зрения.

Ознакомившись с гидравлическим расчетом, перейдем к определению полной высоты башни. Оно равняется $H - H_1$ (высота бака) $+ H_2$ (высота от края бака до конька крыши). Для определения высоты бака необходимо установить сначала величину его диаметра D. Принятый на основании вышеприведенных соображений об'ем бака $V = \frac{\pi \cdot D^2 H_1}{4}$. Самое выгодное сочетание между D и H_1 с целью получения наименьшей затраты материала, будет тогда, когда D будет около $2H_1$; тогда предельное значение для $V = \pi H_1^3$. H_2 величина переменная, зависящая от типа того перекрытия, которое будет выбрано для башни.

Чтобы легче ориентироваться в вопросе о выборе типов баков Инце, приводим данные об их размерах, подобранных при условии их наименьшей стоимости.

Таблица № 8.

Емкость баков в куб. *м.* *Н*	Диаметр резервуара в *м.* *D*	Диаметр опорного кольца в *м.* *d*	Высота верт. части бака в *м.* *Нр*	Радиус сферическ. части дна в *м.* *ρ*	Высота башни до низа бака в *м.* *Н*	Диаметр башни у ее основания в *м.* H_1	Об'ем кладки в куб. *м.*
15	3	2	2,15	0,6	10	3,10	31
30	3,8	2,5	2,3	0,7	10	3,50	37
50	5	3,3	2,4	0,8	10	4,2	58
75	6	4,2	2,8	0,8	10	5,0	69
100	6,6	4,6	2,85	1,0	10	5,85	90
150	7	5,0	3,65	1,0	10	6,05	95
200	8	5,5	3,8	1,0	10	6,35	100
300	9	6,5	4,4	1,0	12	8,2	150
400	10	7,3	4,6	1,0	12	8,2	210
500	11	8,0	4,95	1,0	12	8,9	215
750	12	8,0	5,8	1,0	16	9,5	365
1.000	13	8,0	6,4	1,0	18	9,6	400

Простейший тип водонапорной башни с железным резервуаром по сист. Инце показан на черт. 72. Здесь верх напорной трубы снабжен конической насадкой, устанавливаемой с целью уменьшить скорость выходящей струи и ослабить возможность разбрызгивания воды на стенках здания; по этим же соображениям верхний лист бака приподнимается над наивысшим уровнем воды в баке не менее чем на 100 *мм.* Рядом с напорной трубой проложена сливная труба, соединенная с помещенной внутри конусообразной части бака спускной трубой, запертой задвижкой. Почти в центре сферической части бака помещена разводная труба. Все трубы при проходе через днище бака должны быть так размещены, чтобы они не попадали в стыки его листов и были защищены накладками для предотвращения просачивания воды через дно бака (черт. 73).

Кроме того, они должны быть снабжены компенсаторами или сальниками, чтобы парализовать влияние колебаний уровня воды в баке на их соединения. Между напорной и разводной трубой должны быть устроены соединительная труба с задвижкой по середине.

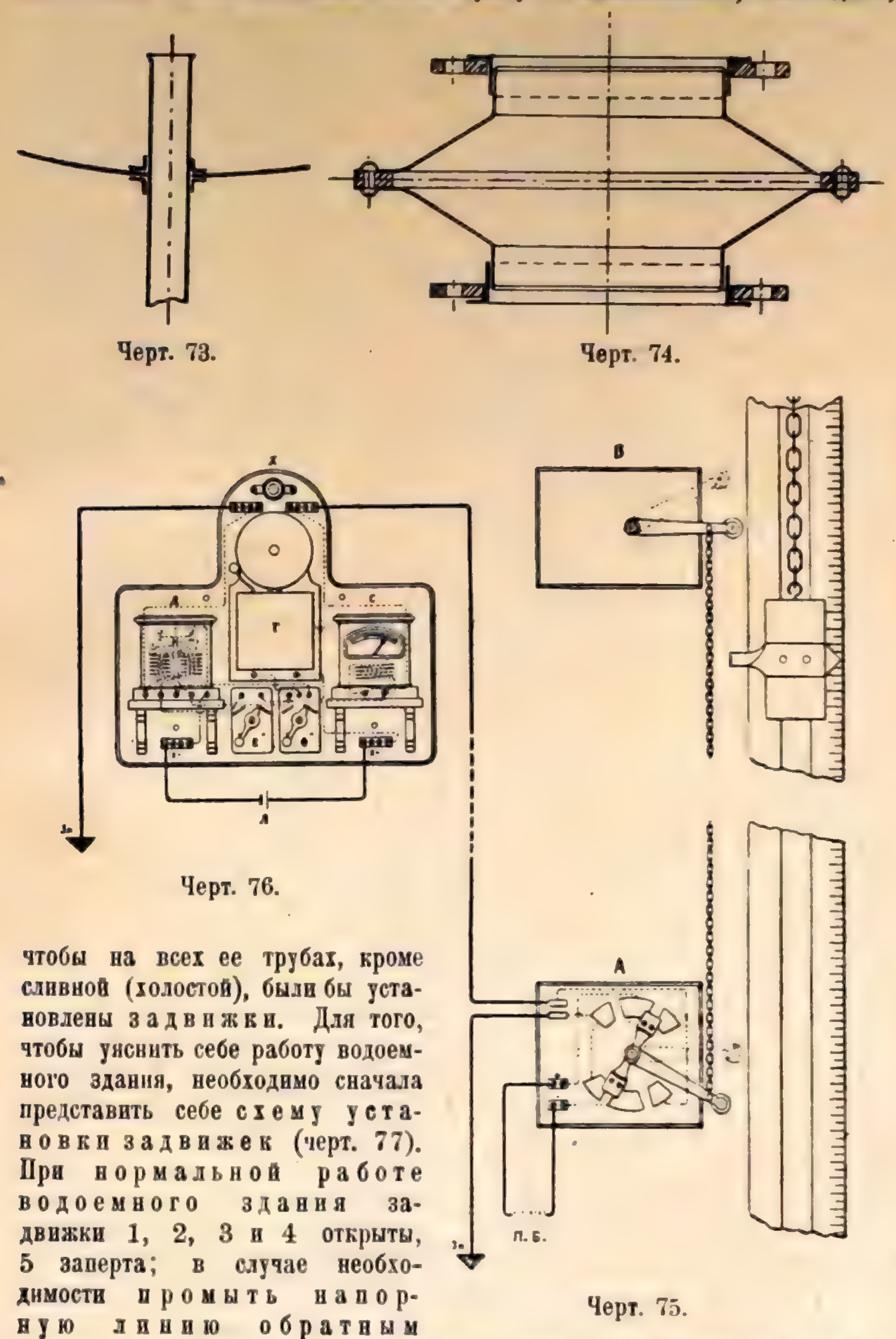
Типы компенсаторов показаны на черт. 74. Для того, чтобы пускать в ход насосы водопод'емной станции, машинисту необходимо знать уровень воды в баке. Для этой цели необходимо снабжать водоемное здание особым контрольным прибором, имеющим следующую конструкцию.



Черт. 72.

На полу у стенки водоемного здания устанавливается рейка с делениями, по которой перемещается груз, связанный с проволокой или цепью и поплавком, помещенным в баке. Поэтому все изменения уровня вод в баке отмечаются поплавком на рейке. Для удобства чтения показаний цепь может иметь дифференциальную передачу, вследствие чего соответственно уменьшается высота рейки. Схема установки поплавка показана на черт. 75. При высшем положении поплавка устанавливается контакт с рычагом на доске *B* (черт. 75), соединенном цепью с рычагом коммутатора *A* и переключающем его, когда груз, получающий свое движение от перемещения поплавка в баке достигает своего крайнего положения. При нижнем положении груз действует на рычаг коммутатора *A* непосредственно. Получающийся здесь контакт с грузом, движущимся по рейке, дает звонок на станцию, где устанавливается особая доска с указателем *C*, поляризованным реле *Д*, переключателем *Ф*, звонком *Г*, громоотводом *X* и выключателем *E*. Благодаря такому прибору стрелка на указателе *C* показывает машинисту индекс „качай“ или „довольно“.

Чертеж прибора на насосной станции показан на черт. 76. Для того, чтобы башня выполняла свою службу в водоснабжении, необходимо,



Черт. 73.

Черт. 74.

Черт. 76.

Черт. 75.

чтобы на всех ее трубах, кроме сливной (холостой), были бы установлены задвижки. Для того, чтобы уяснить себе работу водоемного здания, необходимо сначала представить себе схему установки задвижек (черт. 77). При нормальной работе водоемного здания задвижки 1, 2, 3 и 4 открыты, 5 заперта; в случае необходимости промыть напорную линию обратным током воды запираются задвижки 1 и 4, а задвижки 2, 3 и 5 открыты. В случае ремонта или окраски бака он исключается

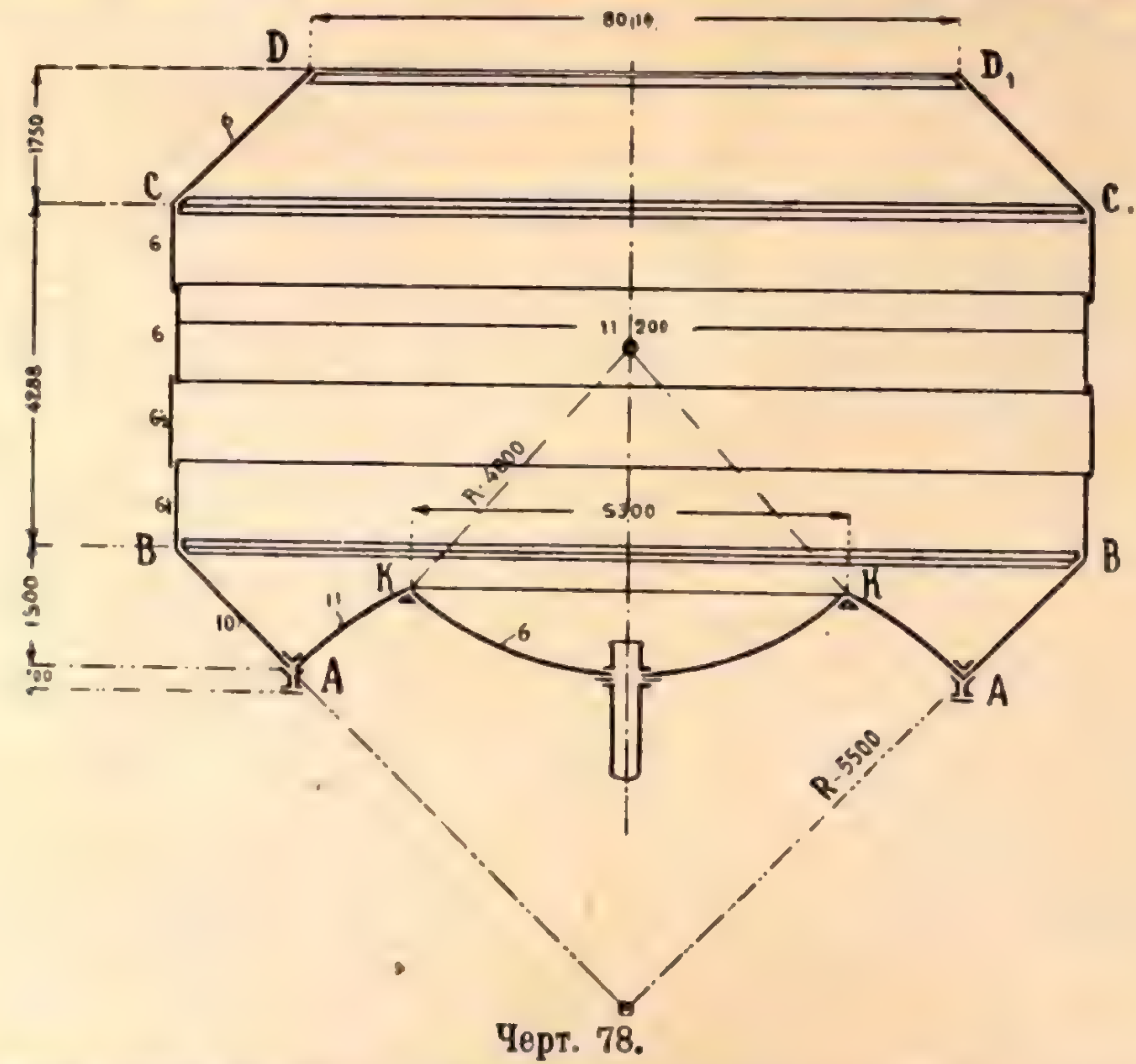
из работы; тогда задвижки 1 и 2 закрываются, а 3, 4 и 5 открыты. В это время насосы нагнетают воду без под'ема в башню, что требует более тщательного контроля их работы. Этот же прием уместен и во время пожаров.



Черт. 77.

Для определения толщины стенок железных баков, мы разбиваем бак по высоте сообразно р а з м е р а м л и с т о в, установленных нормальным метрическим сортиментом, на несколько колец, число которых для поселковых водоснабжений будет равно 3—4 (черт. 78).

Каждое кольцо бака находится под д а в л е н и е м в о д ы, величина которого на глубине поверхности H_m метров — ΔH_m *кг* на 1 *кв. м* поверхности листа, где Δ — удельный вес воды. Отсюда давление на



Черт. 78.

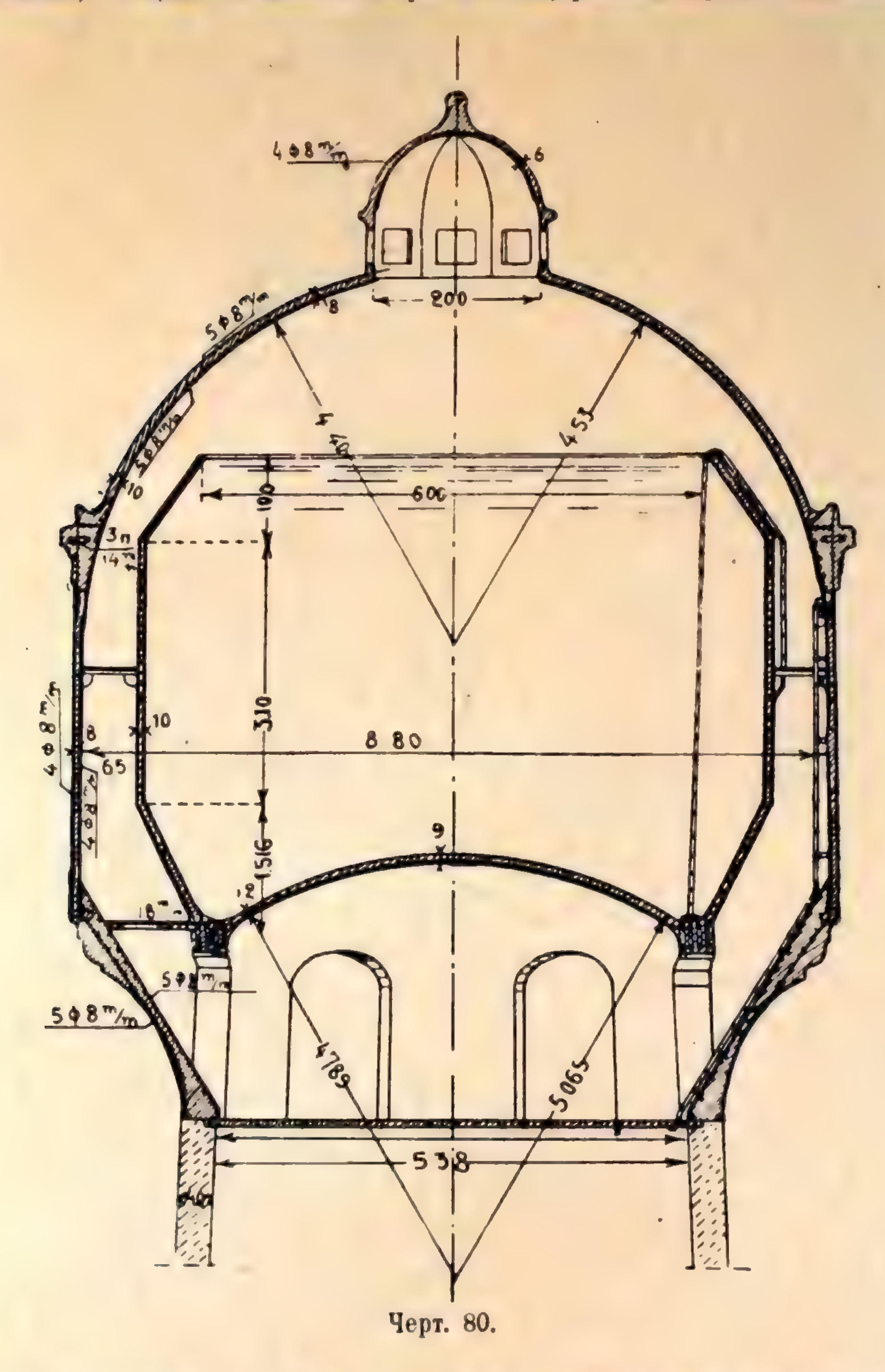
один метр длины кольца (высотой h_1) — $p = \Delta H_m h$. Это давление воды вызывает р а с т я ж е н и е в поперечном сечении кольца, величина которого $N = pr$, где r радиус кольца бака. На основании этого толщина листов цилиндрической части δ_m определится из выражения

$$\delta_m = \frac{r \Delta H_m}{R} + C \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (17),$$

где R — допускаемое напряжение железа на растяжение 6—6,5 $\frac{кг}{см^2}$, а C произвольная прибавка, обеспечивающая правильность клепки бака и дающая известный запас на ржавление железа. Величина δ не берется меньше 4—5 *мм* в целях облегчения клепки бака. Толщина стенок сферической части (обратный шаровой купольный свод) бака Инце делается на практике равной толщине последнего листа, а толщина стенок конической части определяется по той же формуле (17), но с учетом полной глубины до вершины угла, образуемой сферической и конической частями. Возвращаясь к конструкции водоемного здания, следует указать, что здание должно быть проверено на устойчивость при пустом баке в плоскости опор бака и в верхней плоскости фундамента по основаниям Статики Сооружений (см. Строит. Мех. В. И. Иванова). Поэтому, с целью обеспечить устойчивость, стенам башни придается небольшой уклон 1:20—1:25. Верхнюю часть, окружающую

Черт. 79.

бак (шатер), делают *фахверковой*, заполняя промежутки между стенками любым строительным материалом (кирпичом, бетоном, железобетоном). В целях отепления шатра, он с внутренней стороны обшивается



Черт. 80.

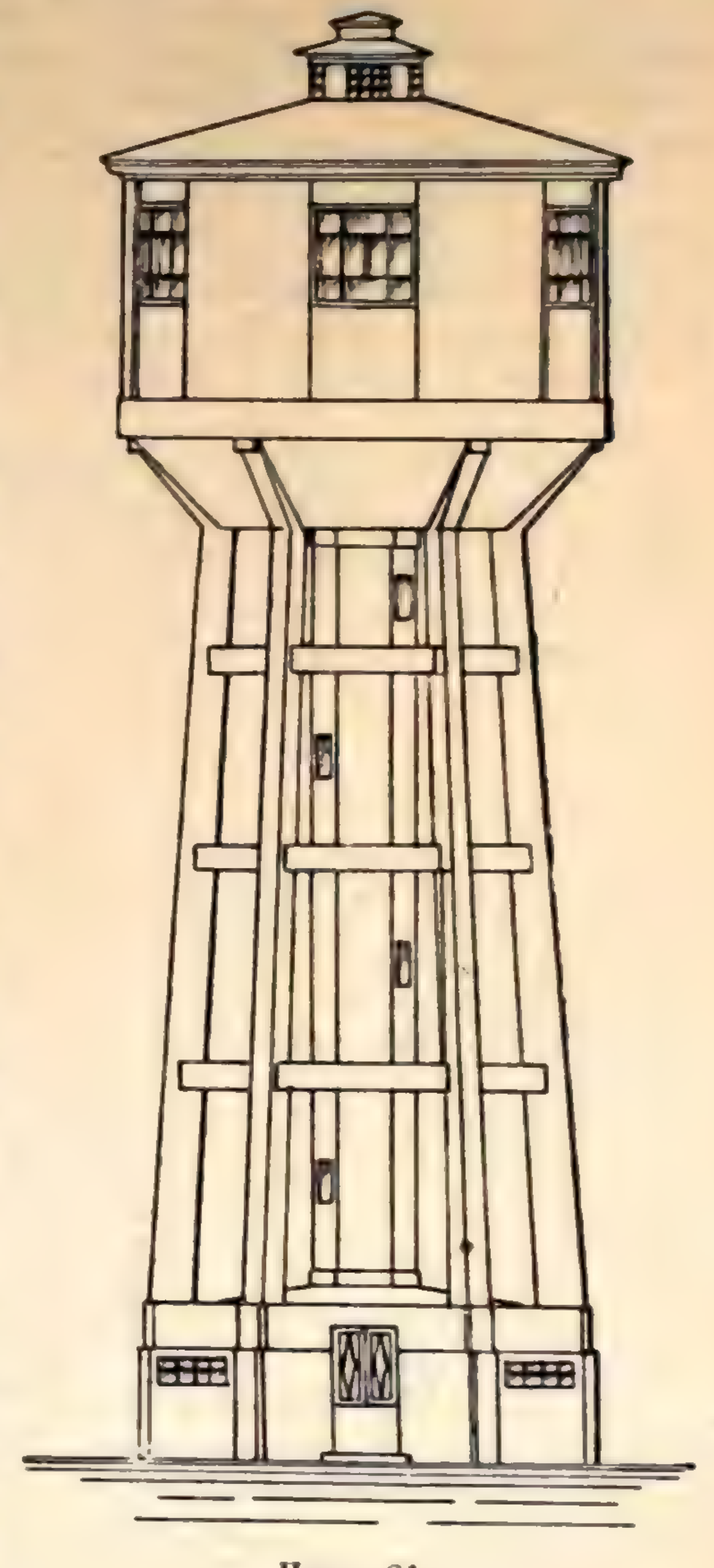
пробковыми листами и др. *изоляционными материалами*. Расстояние от стенок шатра до стенок бака делается не менее 1 *м* в целях удобства клепки их стенок.

Для осмотра бака он снабжается наружной и внутренней железными лестницами. Над баком для освещения иногда устраивают световой фонарь. Нижнюю галлерею, в которой уложены трубы, желательно также снабдить окнами.

Те же баки Инце применены и в железных решетчатых башнях сист. инж. В. Г. Шухова. Остову башни, состоящему из ряда уголковых стержней, связанных между собой на расстоянии 2—8,5 *м* горизонтальными кольцами, придана гиперболоидная форма. Нижние концы этих стержней входят в чугунные подушки, прикрепленные анкерными болтами к каменному фундаменту.

Нижняя галлерея, под которой проходят трубы, снабжена световыми окнами. Все необходимые для работы башен трубы в этом типе сконцентрированы в средней части, что дает возможность заключать их в местностях с холодным климатом в особые вертикальные шахты. Та же причина может заставить дать и верхнему баку отепление в виде шатра (г. Прилуки) и даже установить ребристую печь, дымовая труба которой будет проходить через стенки бака для обогревания воды.

Башни системы Шухова применены в Харькове, Николаеве, Херсоне, Прилуках, Черкассах и др.



Черт. 81.

Железо-бетонные башни являются очень удобными для устройства в тех поселках, которые расположены вблизи цементных заводов; другим условием, делающим выгодность их применения, является возможность найти в районе поселка подходящий для изготовления железо-бетона песок и гравий или щебень.

В железо-бетонных зданиях баки устраиваются по системе Инце.

На черт. 80 показана конструкция железо-бетонного бака, окруженного шатром также из железо-бетона.

Баки опираются на колонны (числом 6—8), и таким образом получается сооружение с определенным количеством опор.

Если здание строится в теплом климате, то такая конструкция является достаточной; в этом случае заделываются только промежутки между стенками в нижней части башни для образования помещения, используемого для устройства станции для контроля водомеров или для хранения инструментов. В большинстве же случаев, учитывая прекращение водоснабжения в поселках в ночное время, следует заделывать пространство между стенками железо-бетоном, кирпичом и пр. В целях отепления здания или подшивают стены с внутренней стороны пробковой изоляцией, или же раздвигают стенки, заполняя промежуток между ними торфом.

Фасад железо-бетонной башни показан на черт. 81. В случае устройства заводского поселка возможно прикрепление бака и необходимых для его работы труб к дымовой трубе завода; здесь, вследствие постоянной работы дымовой трубы нет надобности в устройстве шатра для бака.

Такие устройства имеются и у нас в СССР (напр., Одесские заводы на Пересыпи).

Водоемные здания из железо-бетона встречаются у нас сравнительно редко, главным образом, по той причине, что многие здания были выстроены еще до широкого применения железо-бетона.

Водоемные железо-бетонные здания построены у нас в Краснодаре, Новороссийске, заводах Одессы, на Амурской ж. д. и пр.

Литературные источники:

1) **Инж. Д. В. Петров.**—Железные водопроводные башни, 2 изд., 1917.
2) **Проф. Б. К. Правдзик.**—Водоснабжение, 1925.
3) **Проф. А. К. Енш.**—Материалы по водоснабжению городов, 1914.
4) **Von Emperger.**—Handbuch der Eisenbeton, V Teil.
5) **Инж. Акимов.**—Железо-бетон в практике, 1908.
6) **Ing. Smreker.**—Die Wasserversorgung der Städte. Handb. d. Ingen. 1914.
7) **Prof. Lueger-Weyrauch.**—Die Wasserversorgung der Städte, 1917.
8) **Ing. Förzer.**—Die Wassertürme, 1912.
9) **Imbeaux et Debauve.**—La distrubition d'eau, 1905.

ГЛАВА X.

Разводящая водопроводная сеть.

§ 30. Разводящая водопроводная сеть. Вопрос об устройстве разводящей сети в поселках не представляется сложным, так как здесь в большинстве случаев приходится разрешать задачу о начертании сети в пределах сравнительно небольшой территории (от 1 до 4 *кв. км*). Иногда могут на практике встретиться некоторые осложнения при начертании поселковой разводящей сети в горных местностях вследствие значительной разности в отметках отдельных пунктов (напр. Сочи, Туапсе и т. п.). В общем, задача о трассировании сети в поселке с более или менее однообразным рельефом местности сводится к трассированию одной главной магистрали, разрезающей по возможности поселок на две части и ряда водопроводных ветвей, получающих свое питание от этой магистрали. Практически, самым важным будет трассировать магистраль, которая должна быть проведена по

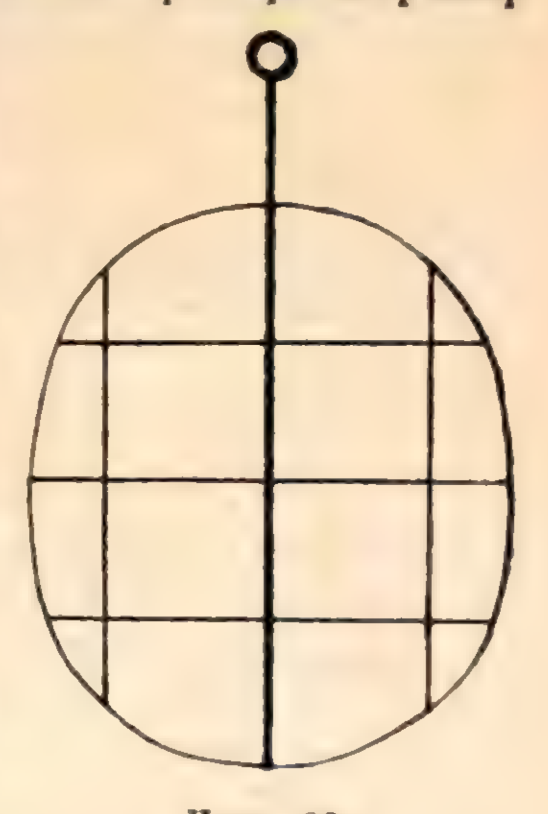
возможности по самым высоким точкам поселка, т.-е. по ее водоразделу (черт. 82).

При таком решении вопроса для потери напора в ветвях будет затрачиваться разность отметок точек A и $B - Z_0 - Z_1$. Тогда поселковая разводная сеть получает простое начертание (черт. 83). Но, конечно,



Черт. 82.

на практике главная поселковая магистраль может быть сдвинута с центральной оси поселка сообразно положению его водораздела. Но этот случай начертания разводящей линии пригоден только для таких поселков, когда его территория имеет или плоский рельеф или рельеф с небольшими поверхностными уклонами. Он может встречаться чаще всего тогда, когда место для устройства поселка выбирается совместно со специалистом по водоснабжению. Тогда для поселка могут быть выбраны такие уклоны, идущие от водоемного здания к его конечным пунктам, что потеря напора на трение в трубах разводящей сети будет восполняться разностью отметок между отметками водоемного здания и различными точками сети.

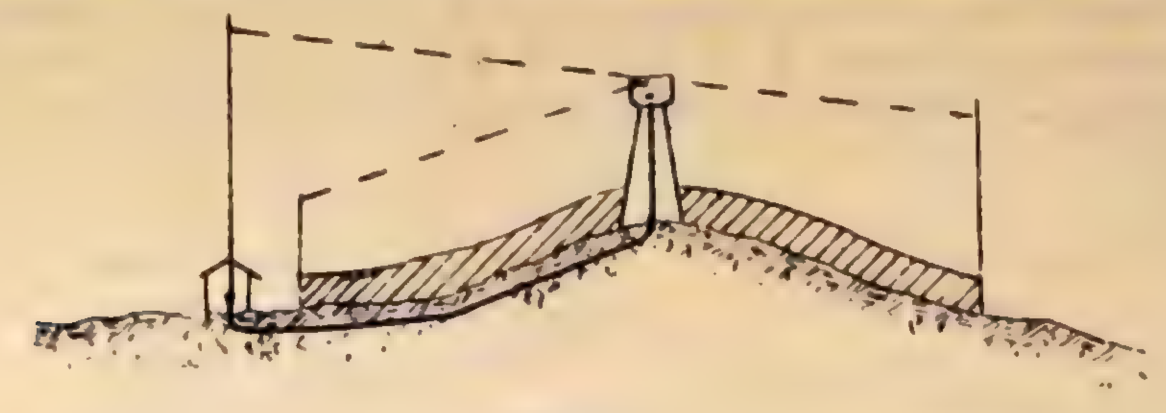


Черт. 83.

Но на практике могут встретиться случаи, когда в центре поселка или на противоположной стороне его будут находиться возвышенные местности, уменьшающие строительную высоту водоемного здания. Тогда будет выгодным эти возвышенные точки использовать для водоемных зданий, если в ночное время насосная станция, подающая воду в город, будет прекращать работу, т.-е. питание водой поселка будет производиться в ночное время только из водоемного здания; тогда у нас получаются для поселковой разводящей сети схемы питания, показанные на черт. 84 и 85.

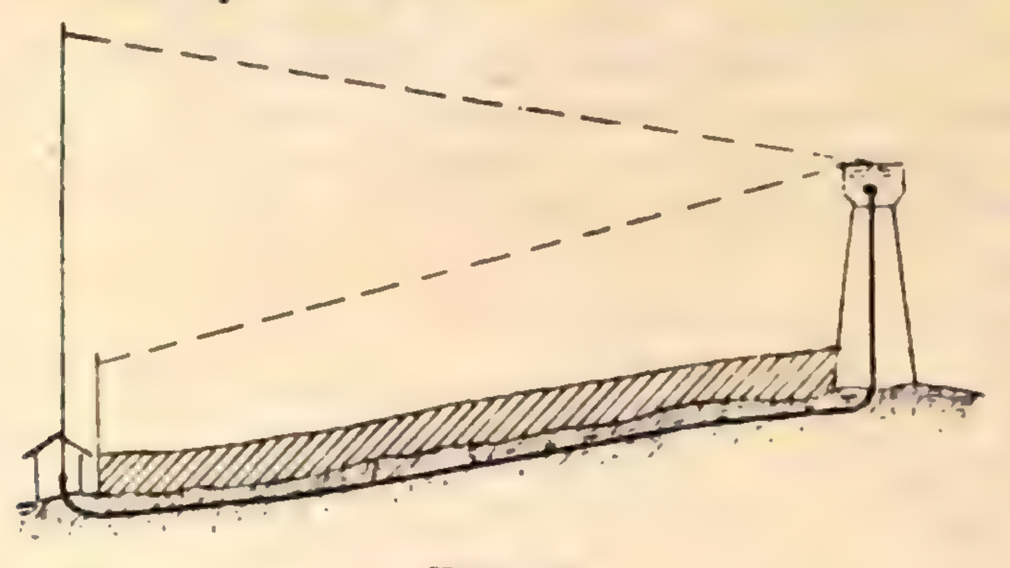
Возможно, конечно, при таких схемах при соответственном увеличении об'ема бака, притти к значительному сокращению времени работы насосов, ограничивая его одним 8-часовым периодом. Это было бы особенно выгодным, если в самой отдаленной части поселка или даже за его пределами было бы такое возвышение местности,

которое позволило бы заменить водонапорную башню уравнительным резервуаром. Тогда схема, показанная на черт. 84—85,



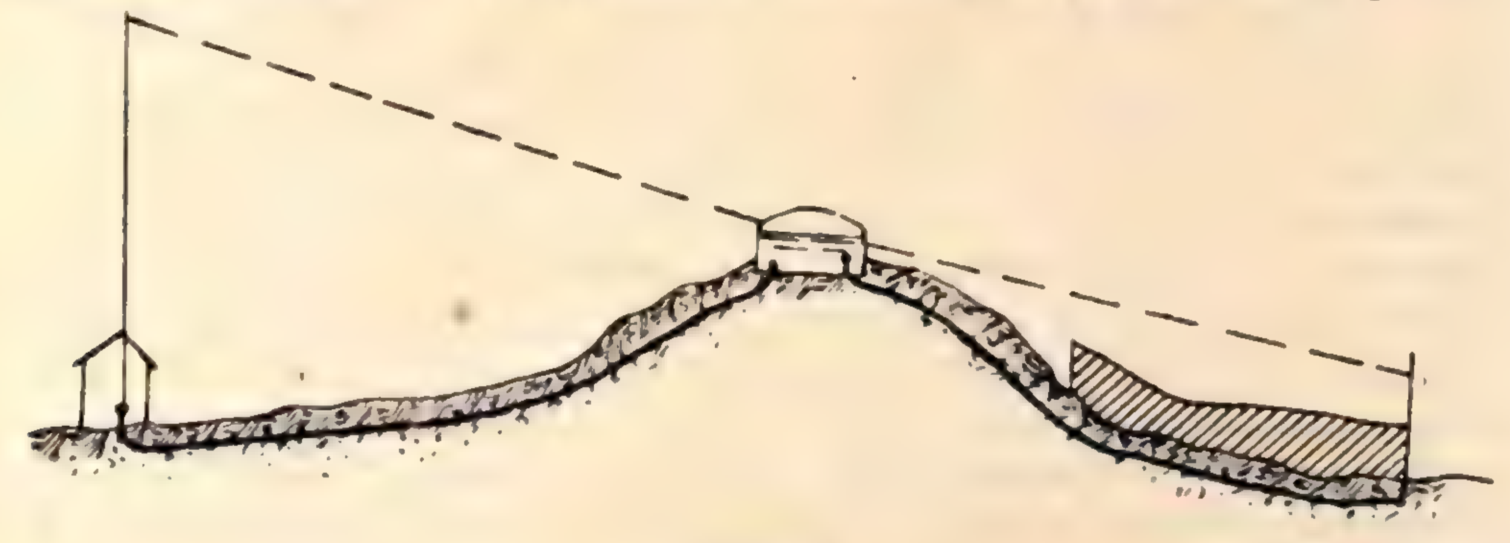
Черт. 84.

примет следующий вид (черт. 86—87). Упрощение схем питания получается при устройстве разводящей сети в горных поселках, где вода притекает из источника водоснабжения самотеком. Простейший случай будет тогда, когда положение источника над поселком не будет вызывать избыточность давления в трубах разводящей сети, при существовании которой пришлось бы утолщать их стенки.



Черт. 85.

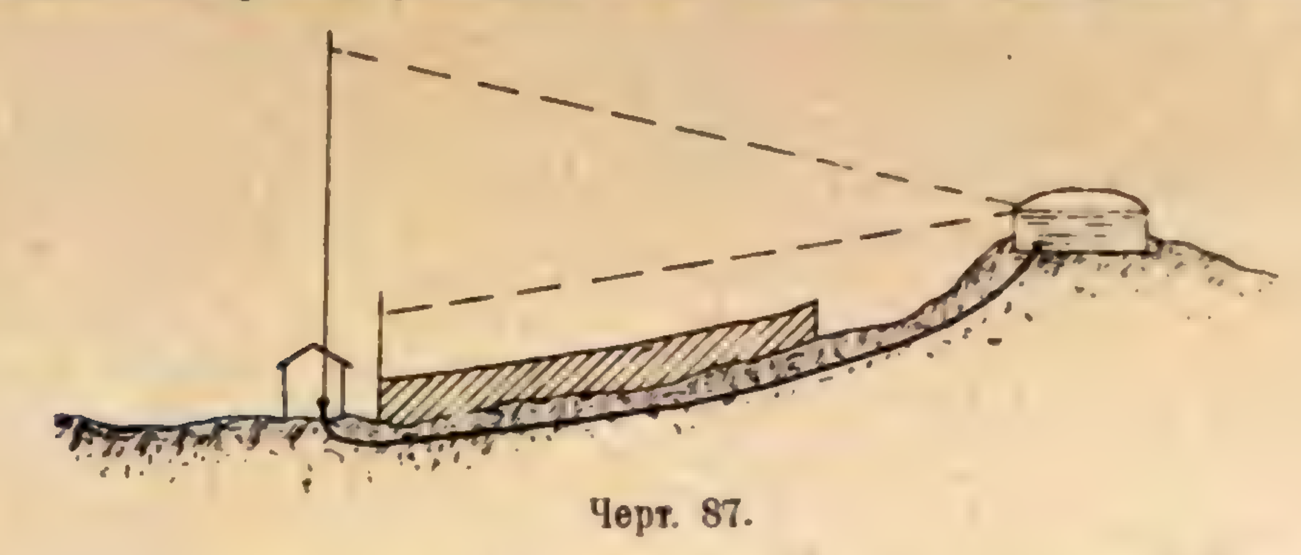
Другой случай будет сложнее, когда придется для этой цели разбивать территорию поселков на две зоны питания (верхнюю и нижнюю) с таким расчетом, чтобы в разводящей сети каждой зоны гидроди-



Черт. 86.

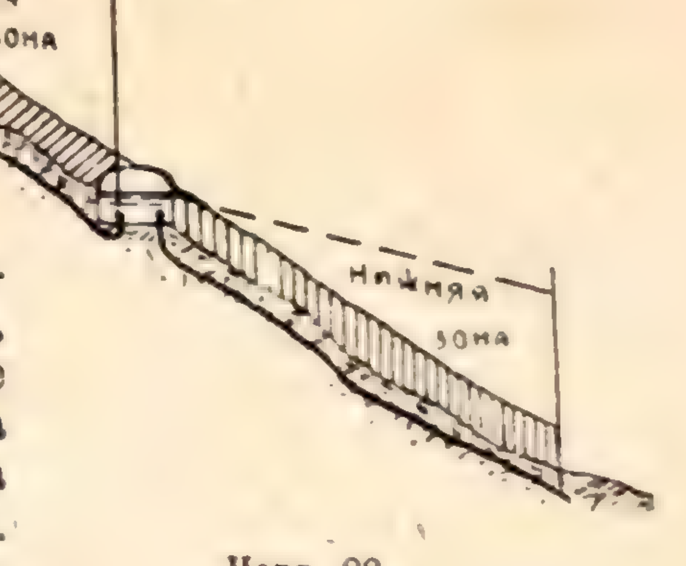
намическое давление не превышало бы 10 атм. Для того, чтобы удовлетворить такому условию необходимо между двумя зонами включить уравнительный резервуар, а из него питать нижнюю зону питания (черт. 88).

После установления общей схемы питания поселкового водопровода нужно рассмотреть вопрос о детальном начертании всей разводящей сети. На практике различают 2 системы проведения сети: сомкнутую и разомкнутую. Для того, чтобы обеспечить продолжительную работу разводной сети, необходимо трассировать сеть по



Черт. 87.

сомкнутой системе (черт. 83), так как в этом случае она не будет страдать от гидравлических ударов, вызывающих разрыв водопроводных труб. Далее, в этом случае разрыв какой-нибудь трубы не лишает воды находящуюся за ними часть поселка. Наконец, и с точки зрения охраны поселка от пожара при сомкнутой системе вода будет притекать со всех сторон к месту возникновения пожара. При разомкнутой схеме все преимущества сомкнутой системы отпадают, как это легко можно видеть из схемы, показанной на черт. 89. В условиях поселка, разбитого в виде города-сада, а также при учете постоянного роста поселка сомкнутая система должна быть непременно применена.



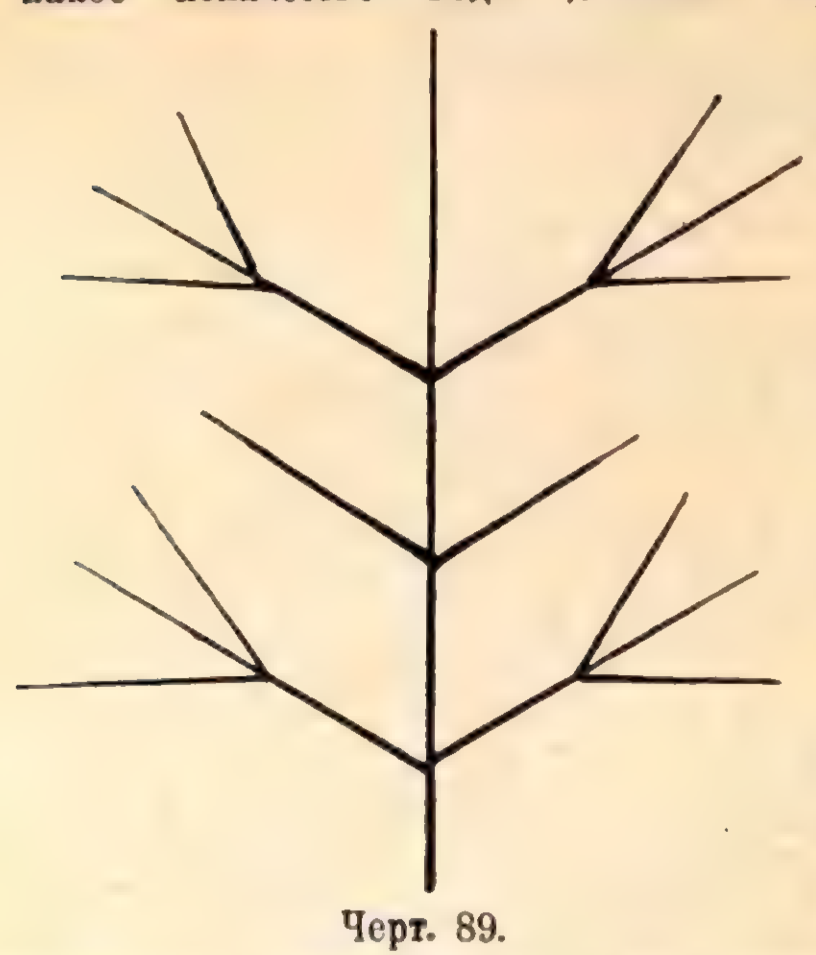
Черт. 88.

Если на некотором расстоянии от поселка будет находиться какой-либо завод, получающий воду из поселкового водоснабжения, то придется в этом случае устраивать для завода особую водопроводную ветвь, и сеть превратится в сомкнутую, но с отдельными выходящими из нее ветвями. Чтобы парализовать вредное влияние этой ветви на службу всей сети, необходимо, чтобы она приводила воду сначала в баки заводского водоемного здания, а затем уже поступала бы в заводскую распределительную сеть.

§ 31. Расчет разводящей водопроводной сети. Размеры диаметров водопроводных труб разводящей сети определяются

из очень простых соображений. Нам известно, что при средней скорости движения воды 1 *м/сек.* суточное количество воды, которая приблизительно может быть пропущена через трубы, равно: для диаметра в 250 *мм* — 4.150 *кб. м* в сутки, для 225 *мм* — 3.450 *кб. м*, 200 *мм* — 2.590 *кб. м*, 175 *мм* — 2.070 *кб. м*, 150 *мм* — 1.470 *кб. м*, 125 *мм* — 1.040 *кб. м* и 100 *мм* — 470 *кб. м*.

Таким образом, зная расход воды в магистрали и в каждой ветви, устанавливаемый на основании принятых для поселка норм потребления воды и сложенный с количеством воды, потребной для пожара, мы можем установить какое количество воды должна пропускать любая ветвь нашей сети. Здесь будет два случая движения воды в сети: первый—движение воды в магистральных трубах, несущих двоякий расход воды для передачи воды в ветви (транзитный расход) и для расхода воды по своей длине (попутный расход).



Черт. 89.

При протекании по водопроводным магистралям транзитного расхода, представляющего собой сумму хозяйственного (q) и пожарного расхода (q_0), и попутного расхода (p), последний преобразовывается на основании гидравлических подсчетов в транзитный, но с поправочным коэффицентом 0,55. Отсюда расчетный расход для магистралей будет равен $q + q_0 + 0,55\ p.$; для ветвей без транзитного хозяйственного расхода лишь — $q_0 + 0,55\ p$.

С этим определением роли труб в сети связано направление движения воды, которое должно быть, по возможности, согласовано с общим падением рельефа территории поселка. Только при расположении поселка на обоих берегах реки приходится проводить трубы и обосновывать их питание в направлении обратном уклонам местности. Говоря еще о начертании воды проводкой разводящей сети и об определении протекающих по ней количеств воды, нужно иметь в виду еще случай ее трассировки в поселках с редкой застройкой (в городах-садах).

В этом случае оси домов (коттэджей) расположены друг от друга на среднем расстоянии 15—20 *м*, вследствие чего получается сеть с малым потреблением воды на единицу длины, что, разумеется, исключено в поселках со сплошной застройкой. Разумеется, это является невыгодным с экономической точки зрения и влечет за собой повышение водопроводных тарифов.

Если в разводящей сети намечены расходы воды, то остается задаться средней скоростью движения воды в трубах—v. Величины v могут колебаться в этом случае в широких пределах от 1,2 *м* до 0,2 *м*; желательно, разумеется, выбирать большие пределы, но в ветвях небольшого протяжения и малого потребления воды приходится применять наименьшее значение. В целях сокращения подсчетов по определению диаметров разводящей сети, необходимо, как уже говорилось выше, к хозяйственному расходу прибавить пожарный расход, задаваясь при этом самым невыгодным по отношению к уравнительному резервуару или водоемному зданию пунктом. Таким пунктом при плоском или слегка покатом рельефе поселка будет самая отдаленная точка разводящей сети от уравнительных сооружений. Но если в поселке будут какие-либо возвышенности, расположенные в его центральных частях, то невыгодный для пожара пункт может оказаться и ближе. Пожарный расход распределяется по главной магистрали и по отходящим от нее ветвям и притекает к месту пожара по 2—3 направлениям. После того, как распределение воды по трубам сети сделано, остается установить в них потери напора. Тут можно наперед установить, сколько мы можем потерять напора в нашей сети. Общая потеря напора во всей поселковой разводящей сети может быть принята в 10—15 *м* (1—$1^1/_2$ атм.), если исходить, с одной стороны, из ограниченности площади поселка, а с другой стороны, из незначительных размеров диаметров водопроводной разводящей сети. Кроме того, тут при выборе общей величины потери напора, нужно умело оценивать рельеф местности. Когда общая величина падения напора будет установлена, то необходимо ее распределить по отдельным ветвям сети. Тут нужно помнить, что в трубах большого диаметра потеря напора на единицу длины будет меньше, чем в трубах малого диаметра, так как в общее гидравлическое выражение потери напора в знаменатель входит диаметр трубы в пятой степени. Когда распределение потери напора сделано, то окончательный выбор диаметров в трубах разводной сети не представляет никакого труда. При решении водопроводных задач мы имеем дело с четырьмя величинами Q, I, d и v, так как пятая величина L нам всегда известна по измерению. Зная две из этих величин, мы легко при помощи таблицы определим две другие.

Таким образом, у нас получается шесть следующих задач:

1) Даны Q и v, найти d и I.
2) „ Q „ d, „ v „ I.
3) „ Q „ I, „ v „ d.
4) „ v „ d, „ Q „ I.
5) „ v „ I, „ d „ Q.
6) „ d „ I, „ v „ Q.

Для того, чтобы уяснить себе решение этих задач при пользовании нашими таблицами, приводим ниже шесть соответственных численных примеров.

§ 32. Таблицы для подбора диаметров водопроводных труб.

Таблица № 9.

Для подбора диаметров водопроводных труб по формуле Гангилье-Куттера с коэффициентом шероховатости 0,25.

Потери напора.		Диаметры труб в миллиметрах.									
		40		50		80		100		125	
$\frac{h}{L}$	J	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
1: 10	0,10000	1,1	0,90	2,1	1,09	8,1	1,61	15,2	1,94	28,4	2,31
1: 15	0,06667	0,9	0,74	1,8	0,89	6,6	1,32	12,4	1,58	23,2	1,89
1: 20	0,05000	0,8	0,64	1,5	0,77	5,7	1,14	10,8	1,37	20,1	1,64
1: 25	0,04000	0,7	0,57	1,4	0,69	5,1	1,02	9,6	1,22	18,0	1,46
1: 30	0,03333	0,7	0,52	1,2	0,63	4,7	0,93	8,8	1,12	16,4	1,34
1: 35	0,02857	0,6	0,48	1,1	0,59	4,3	0,86	8,1	1,03	15,2	1,24
1: 40	0,02500	0,6	0,45	1,0	0,55	4,1	0,81	7,6	0,97	14,2	1,16
1: 45	0,02222	0,5	0,43	1,0	0,52	3,8	0,76	7,2	0,91	13,4	1,09
1: 50	0,02000	0,5	0,40	0,9	0,49	3,6	0,72	6,8	0,87	12,7	1,04
1: 60	0,01667	0,5	0,37	0,9	0,45	3,3	0,66	6,2	0,79	11,6	0,95
1: 70	0,01429	0,4	0,34	0,8	0,41	3,1	0,61	5,8	0,73	10,7	0,88
1: 80	0,01250	0,4	0,32	0,8	0,39	2,9	0,57	5,4	0,68	10,0	0,82
1: 90	0,01111	0,4	0,30	0,7	0,37	2,7	0,54	5,1	0,65	9,5	0,77
1:100	0,01000	0,4	0,29	0,7	0,35	2,6	0,51	4,8	0,61	9,0	0,73
1:125	0,00800	0,3	0,26	0,6	0,31	2,3	0,46	4,3	0,55	8,0	0,65
1:150	0,00667	0,3	0,23	0,6	0,28	2,1	0,42	3,9	0,50	7,3	0,60
1:175	0,00571	0,3	0,21	0,5	0,26	1,9	0,39	3,6	0,46	6,8	0,55
1:200	0,00500	0,3	0,20	0,5	0,24	1,8	0,36	3,4	0,43	6,4	0,52
1:225	0,00444	0,2	0,19	0,5	0,23	1,7	0,34	3,2	0,41	6,0	0,48
1:250	0,00400	0,2	0,18	0,4	0,22	1,6	0,32	3,0	0,39	5,7	0,46
1:275	0,00364	0,2	0,17	0,4	0,21	1,5	0,31	2,9	0,37	5,4	0,44
1:300	0,00333	0,2	0,17	0,4	0,20	1,5	0,30	2,8	0,35	5,2	0,42
1:325	0,00308	0,2	0,16	0,4	0,19	1,4	0,28	2,7	0,34	5,0	0,41
1:350	0,00286	0,2	0,15	0,4	0,19	1,4	0,27	2,6	0,33	4,8	0,39
1:375	0,00267	0,2	0,15	0,4	0,18	1,3	0,26	2,5	0,32	4,6	0,3[illegible]

Потери напора.		Диаметры труб в миллиметрах.											
		150		175		200		225		250		300	
$\frac{h}{L}$	J	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
1: 10	0,10000	47,3	2,68	72,5	3,02	104,6	3,33	145,2	3,65	194,0	3,95	320	4,55
1: 15	0,06667	38,6	2,19	59,2	2,46	85,4	2,71	118,5	2,98	158,4	3,23	261	3,70
1: 20	0,05000	33,4	1,89	51,3	2,13	74,0	2,36	102,7	2,58	137,2	2,80	226	3,20
1: 25	0,04000	29,9	1,69	45,9	1,91	66,2	2,11	91,6	2,31	122,7	2,50	202	2,86
1: 30	0,03333	27,3	1,55	41,9	1,74	60,4	1,92	83,8	2,11	112,0	2,28	185	2,62
1: 35	0,02857	25,2	1,43	38,8	1,61	55,9	1,78	77,6	1,95	103,7	2,11	171	2,42
1: 40	0,02500	23,6	1,34	36,3	1,51	52,3	1,67	72,6	1,83	97,0	1,98	160	2,26
1: 45	0,02222	22,3	1,26	34,2	1,42	49,3	1,57	68,4	1,72	91,4	1,86	151	2,14
1: 50	0,02000	21,1	1,20	32,4	1,40	46,8	1,49	64,9	1,63	86,8	1,77	143	2,03
1: 60	0,01667	19,3	1,09	29,6	1,23	42,7	1,36	59,3	1,49	79,2	1,61	131	1,85
1: 70	0,01429	17,9	1,01	27,4	1,14	39,5	1,26	54,9	1,38	73,3	1,49	121	1,71
1: 80	0,01250	16,7	0,95	25,6	1,07	37,0	1,18	51,3	1,29	68,6	1,40	113	1,60
1: 90	0,01111	15,8	0,89	24,2	1,01	34,9	1,11	48,4	1,22	64,7	1,32	107	1,51
1:100	0,01000	14,9	0,85	22,9	0,95	33,1	1,05	45,9	1,16	61,3	1,25	101	1,43
1:125	0,00800	13,4	0,76	20,5	0,85	29,6	0,94	41,1	1,03	54,9	1,12	91	1,28
1:150	0,00667	12,2	0,69	18,7	0,78	27,0	0,86	37,5	0,94	50,1	1,02	83	1,17
1:175	0,00571	11,3	0,64	17,3	0,72	25,0	0,80	34,7	0,87	46,4	0,95	77	1,08
1:200	0,00500	10,6	0,60	16,2	0,67	23,4	0,75	32,5	0,82	43,4	0,88	72	1,01
1:225	0,00444	10,0	0,56	15,3	0,64	22,1	0,70	30,6	0,77	40,9	0,83	68	0,96
1:250	0,00400	9,5	0,54	14,5	0,60	20,9	0,67	29,0	0,73	38,8	0,79	64	0,91
1:275	0,00364	9,0	0,51	13,8	0,58	19,9	0,64	27,7	0,70	37,0	0,75	61	0,86
1:300	0,00333	8,6	0,49	13,2	0,55	19,1	0,61	26,5	0,67	35,4	0,72	58	0,83
1:325	0,00308	8,3	0,47	12,7	0,53	18,3	0,58	25,5	0,64	34,0	0,69	56	0,79
1:350	0,00286	8,0	0,45	12,3	0,51	17,7	0,56	24,5	0,62	32,8	0,67	54	0,77
1:375	0,00267	7,7	0,44	11,8	0,49	17,1	0,54	23,7	0,60	31,7	0,65	52	0,74

Потери напора.		Диаметры труб в миллиметрах.									
		40		50		80		100		125	
$\frac{h}{L}$	J	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
1: 400	0,00250	0,2	0,14	0,3	0,17	1,3	0,26	2,4	0,31	4,5	[illegible]
1: 425	0,00235	0,2	0,14	0,3	0,17	1,2	0,25	2,3	0,30	4,4	[illegible]
1: 450	0,00222	0,2	0,13	0,3	0,16	1,2	0,24	2,3	0,29	4,3	[illegible]
1: 475	0,00210	0,2	0,13	0,3	0,16	1,2	0,23	2,2	0,28	4,1	0,34
1: 500	0,00200	0,2	0,13	0,3	0,15	1,1	0,23	2,2	0,27	4,0	[illegible]
1: 550	0,00182	—	—	0,3	0,15	1,1	0,22	2,1	0,26	3,8	0,31
1: 600	0,00167	—	—	0,3	0,14	1,0	0,21	2,0	0,25	3,7	[illegible]
1: 650	0,00154	—	—	0,3	0,14	1,0	0,20	1,9	0,24	3,5	[illegible]
1: 700	0,00143	—	—	0,3	0,13	1,0	0,19	1,8	0,23	3,4	[illegible]
1: 750	0,00133	—	—	0,2	0,13	0,9	1,19	1,8	0,22	3,3	[illegible]
1: 800	0,00125	—	—	—	—	0,9	0,18	1,7	0,22	3,2	[illegible]
1: 850	0,00117	—	—	—	—	0,9	0,18	1,7	0,21	3,1	[illegible]
1: 900	0,00111	—	—	—	—	0,9	0,17	1,6	0,20	3,0	[illegible]
1: 950	0,00105	—	—	—	—	0,8	0,17	1,6	0,20	2,9	[illegible]
1:1000	0,00100	—	—	—	—	0,8	0,16	1,5	0,19	2,8	[illegible]
1:1100	0,00091	—	—	—	—	0,8	0,15	1,5	0,18	2,7	[illegible]
1:1200	0,00083	—	—	—	—	0,7	0,15	1,4	0,18	2,6	[illegible]
1:1300	0,00077	—	—	—	—	0,7	0,14	1,3	0,17	2,5	[illegible]
1:1400	0,00071	—	—	—	—	0,7	0,14	1,3	0,16	2,4	[illegible]
1:1500	0,00066	—	—	—	—	0,7	0,13	1,2	0,16	2,3	0,19
1:1600	0,00062	—	—	—	—	0,6	0,13	1,2	0,15	2,2	[illegible]
1:1700	0,00059	—	—	—	—	0,6	0,12	1,2	0,15	2,2	[illegible]
1:1800	0,00056	—	—	—	—	0,6	0,12	1,1	0,14	2,1	[illegible]
1:1900	0,00053	—	—	—	—	0,6	0,12	1,1	0,14	2,1	[illegible]
1:2000	0,00050	—	—	—	—	0,6	0,11	1,1	0,14	2,0	[illegible]

Продолж. таблицы № 9.

Диаметры труб в миллиметрах											
150		175		200		225		250		300	
Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
7,5	0,42	11,5	0,48	16,5	0,53	23,0	0,58	30,7	0,63	51	0,72
7,3	0,41	11,1	0,46	16,0	0,51	22,3	0,56	29,8	0,61	49	0,70
7,0	0,40	10,8	0,45	15,6	0,50	21,6	0,54	28,9	0,59	48	0,68
6,9	0,39	10,5	0,44	15,2	0,48	21,1	0,53	28,1	0,57	46	0,66
6,7	0,38	10,3	0,43	14,8	0,47	20,5	0,52	27,4	0,56	45	0,64
6,4	0,36	9,8	0,42	14,1	0,45	19,6	0,49	26,2	0,53	43	0,61
6,1	0,35	9,4	0,39	13,5	0,43	18,7	0,47	25,0	0,51	41	0,59
5,8	0,34	9,0	0,37	13,0	0,41	18,0	0,45	24,1	0,49	40	0,56
5,6	0,32	8,7	0,36	12,5	0,40	17,4	0,44	23,2	0,47	38	0,54
5,5	0,31	8,4	0,35	12,1	0,39	16,8	0,42	22,4	0,46	37	0,52
5,3	0,30	8,1	0,34	11,7	0,37	16,2	0,41	21,7	0,44	36	0,51
5,1	0,29	7,9	0,33	11,3	0,36	15,7	0,40	21,0	0,43	35	0,49
5,0	0,28	7,6	0,32	11,0	0,35	15,3	0,39	20,4	0,42	34	0,48
4,9	0,27	7,4	0,31	10,7	0,34	14,9	0,38	19,9	0,41	33	0,47
4,7	0,27	7,2	0,30	10,4	0,33	14,5	0,37	19,4	0,40	32	0,45
4,5	0,26	6,9	0,29	10,0	0,32	13,8	0,35	18,5	0,38	31	0,43
4,3	0,24	6,6	0,28	9,5	0,30	13,3	0,33	17,7	0,36	29	0,41
4,1	0,24	6,4	0,27	9,2	0,29	12,7	0,32	17,0	0,35	28	0,40
4,0	0,23	6,1	0,26	8,8	0,28	12,3	0,31	16,4	0,33	27	0,38
3,9	0,22	5,9	0,25	8,5	0,27	11,9	0,30	15,8	0,32	26	0,37
3,7	0,21	5,7	0,24	8,3	0,26	11,5	0,29	15,3	0,31	25	0,36
3,6	0,21	5,6	0,23	8,0	0,26	11,1	0,28	14,9	0,30	25	0,35
3,5	0,20	5,4	0,23	7,8	0,25	10,8	0,27	14,5	0,30	24	0,34
3,4	0,19	5,3	0,22	7,6	0,24	10,5	0,27	14,1	0,29	23	0,33
3,3	0,18	5,1	0,21	7,4	0,24	10,3	0,26	13,7	0,28	23	0,32

Потери напора.		Диаметры труб в миллиметрах.									
		350		400		450		500		600	
$\frac{h}{L}$	J	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
1: 10	0,10000	488	5,07	702	5,59	966	6,08	1286	6,55	2105	[illegible]
1: 15	0,06667	398	4,14	574	4,56	789	4,96	1050	5,35	1719	[illegible]
1: 20	0,05000	345	3,58	497	3,95	683	4,30	910	4,63	1488	[illegible]
1: 25	0,04000	308	3,21	444	3,54	611	3,84	813	4,14	1331	[illegible]
1: 30	0,03333	282	2,92	406	3,23	558	3,51	743	3,78	1215	[illegible]
1: 35	0,02857	261	2,71	375	2,99	517	3,25	688	3,50	1125	[illegible]
1: 40	0,02500	244	2,54	351	2,80	483	3,04	643	3,28	1053	[illegible]
1: 45	0,02222	230	2,39	331	2,64	456	2,86	606	3,09	992	[illegible]
1: 50	0,02000	218	2,27	314	2,50	432	2,72	575	2,93	941	[illegible]
1: 60	0,01667	199	2,07	287	2,28	395	2,48	525	2,67	859	[illegible]
1: 70	0,01429	184	1,92	266	2,11	365	2,30	486	2,48	796	[illegible]
1: 80	0,01250	172	1,79	248	1,98	342	2,15	455	2,32	744	[illegible]
1: 90	0,01111	163	1,69	234	1,86	322	2,03	429	2,18	702	[illegible]
1:100	0,01000	154	1,60	222	1,77	306	1,92	407	2,07	666	[illegible]
1:125	0,00800	138	1,43	199	1,58	275	1,72	364	1,85	595	[illegible]
1:150	0,00667	126	1,31	181	1,44	250	1,57	332	1,69	544	[illegible]
1:175	0,00571	117	1,21	168	1,34	231	1,45	307	1,57	503	[illegible]
1:200	0,00500	109	1,13	157	1,25	216	1,36	288	1,47	471	[illegible]
1:225	0,00444	103	1,07	148	1,18	204	1,28	271	1,38	444	[illegible]
1:250	0,00400	98	1,01	141	1,12	193	1,22	257	1,31	421	[illegible]
1:275	0,00364	93	0,97	134	1,07	184	1,16	245	1,25	401	[illegible]
1:300	0,00333	89	0,93	128	1,02	176	1,11	235	1,20	384	[illegible]
1:325	0,00308	86	0,89	123	0,98	170	1,07	226	1,15	369	[illegible]
1:350	0,00286	82	0,86	119	0,95	163	1,03	217	1,11	356	[illegible]
1:375	0,00267	80	0,83	115	0,91	158	0,99	210	1,07	344	[illegible]

Продолж. таблицы № 9.

Диаметры труб в миллиметрах.											
700		750		800		900		1.000		1.200	
Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
3186	8,28	3835	8,68	4556	9,06	6249	9,82	8281	10,55	13474	11,92
2602	6,76	3131	7,09	3718	7,40	5102	8,02	6762	8,61	11002	9,73
2253	5,86	2711	6,14	3221	6,41	4419	6,95	5856	7,46	9528	8,43
2015	5,24	2425	5,49	2881	5,78	3952	6,21	5238	6,67	8522	7,54
1840	4,78	2214	5,01	2630	5,23	3608	5,67	4781	6,09	7780	6,88
1703	4,43	2050	4,64	2435	4,85	3340	5,25	4427	5,64	7203	6,37
1593	4,14	1917	4,34	2278	4,53	3125	4,91	4141	5,27	6737	5,96
1502	3,90	1808	4,09	2148	4,27	2946	4,63	3904	4,97	6352	5,62
1425	3,70	1715	3,88	2087	4,05	2795	4,39	3704	4,72	6028	5,33
1301	3,38	1566	3,54	1860	3,70	2551	4,01	3381	4,31	5501	4,86
1204	3,13	1449	3,28	1722	3,43	2362	3,71	3130	3,99	5093	4,50
1127	2,93	1356	3,07	1611	3,20	2209	3,47	2928	3,73	4764	4,21
1062	2,67	1278	2,89	1519	3,02	2083	3,27	2760	3,52	4492	3,97
1008	2,62	1213	2,75	1441	2,87	1976	3,11	2619	3,33	4261	3,77
901	2,34	1085	2,46	1289	2,56	1768	2,78	2342	2,98	3811	3,37
823	2,14	990	2,24	1176	2,84	1614	2.54	2138	2,72	3479	3,08
762	1,98	917	2,08	1089	2,17	1494	2,35	1980	2,52	3214	2,85
713	1,85	857	1,94	1019	2,03	1397	2,20	1852	2,36	3013	2,66
672	1,75	808	1,83	960	1,91	1317	2,07	1746	2,22	2841	2,51
637	1,66	767	1,74	911	1,81	1250	1,97	1656	2,11	2695	2,38
608	1,58	731	1,66	869	1,73	1192	1,87	1579	2,01	2570	2,27
582	1,51	700	1,59	832	1,66	1141	1,79	1512	1,98	2460	2,18
559	1,45	673	1,52	799	1.59	1096	1,72	1453	1,85	2364	2,09
539	1,40	648	1,47	770	1,53	1056	1,66	1400	1,78	2278	2,01
520	1,35	626	1,42	744	1,48	1021	1,60	1352	1,72	2200	1,95

Продолж. таблицы № 9.

Потери напора.		Диаметры труб в миллиметрах.																							
		350		400		450		500		600		700		750		800		900		1.000		1.200	
$\frac{h}{L}$	J	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
1: 400	0,00250	77	0,80	111	0,88	153	0,96	203	1,04	333	[illegible]	504	1,31	606	1,37	720	1,43	988	1,55	1309	1,67	2131	1,88
1: 425	0,00235	75	0,78	108	0,86	148	0,93	197	1,01	323	[illegible]	489	1,27	588	1,33	699	1,39	959	1,51	1270	1,62	2067	1,83
1: 450	0,00222	73	0,76	105	0,83	144	0,91	192	0,98	314	[illegible]	475	1,23	572	1,29	679	1,35	932	1,46	1235	1,57	2009	1,78
1: 475	0,00210	71	0,74	102	0,81	140	0,88	187	0,95	305	[illegible]	462	1,20	556	1,26	661	1,32	907	1,43	1202	1,53	1955	1,73
1: 500	0,00200	69	0,72	99	0,79	137	0,86	182	0,93	298	[illegible]	451	1,17	542	1,23	644	1,28	884	1,39	1171	1,49	1906	1,69
1: 550	0,00182	66	0,68	95	0,75	130	0,82	173	0,88	284	[illegible]	430	1,12	517	1,17	614	1,22	843	1,33	1117	1,42	1817	1,61
1: 600	0,00167	63	0,65	91	0,72	125	0,78	166	0,85	272	[illegible]	411	1,07	495	1,12	588	1,17	807	1,27	1069	1,36	1740	1,54
1: 650	0,00154	61	0,63	87	0,69	120	0,75	160	0,81	261	[illegible]	395	1,03	476	1,08	565	1,12	775	1,22	1027	1,31	1671	1,48
1: 700	0,00143	58	0,61	84	0,67	116	0,73	154	0,78	252	[illegible]	381	0,99	458	1,04	545	1,08	747	1,17	990	1,26	1611	1,42
1: 750	0,00133	56	0,59	81	0,65	112	0,70	149	0,76	243	[illegible]	368	0,96	443	1,00	526	1,05	722	1,13	956	1,22	1556	1,38
1: 800	0,00125	55	0,57	79	0,63	108	0,68	144	0,73	235	[illegible]	356	0,93	429	0,97	509	1,01	699	1,10	926	1,18	1507	1,33
1: 850	0,00117	53	0,55	76	0,61	105	0,66	140	0,71	228	[illegible]	346	0,90	416	0,94	494	0,98	678	1,07	898	1,14	1462	1,29
1: 900	0,00111	51	0,53	74	0,59	102	0,64	136	0,69	222	[illegible]	336	0,87	404	0,92	480	0,96	659	1,04	873	1,11	1420	1,26
1: 950	0,00105	50	0,52	72	0,57	99	0,62	132	0,67	216	[illegible]	327	0,85	393	0,89	467	0,93	641	1,01	850	1,08	1385	1,22
1; 1000	0,00100	49	0,51	70	0,56	97	0,61	129	0,66	211	[illegible]	319	0,83	384	0,87	456	0,91	625	0,98	828	1,06	1348	1,19
1:1100	0,00091	47	0,48	67	0,53	92	0,58	123	0,63	201	[illegible]	304	0,79	366	0,83	434	0,86	596	0,94	790	1,01	1285	1,14
1:1200	0,00083	45	0,46	64	0,51	88	0,56	117	0,60	192	[illegible]	291	0,76	350	0,79	416	0,83	571	0,90	756	0,96	1230	1,09
1:1300	0,00077	43	0,45	62	0,49	85	0,53	113	0,57	185	[illegible]	280	0,73	336	0,76	400	0,80	548	0,86	726	0,92	1182	1,05
1:1400	0,00071	41	0,43	59	0,47	82	0,51	109	0,55	178	[illegible]	269	0,70	324	0,73	385	0,77	528	0,83	700	0,89	1139	1,01
1:1500	0,00066	40	0,41	57	0,46	79	0,50	105	0,54	172	[illegible]	260	0,68	313	0,71	372	0,74	510	0,80	676	0,86	1100	0,97
1:1600	0,00062	39	0,40	56	0,44	76	0,48	102	0,52	166	[illegible]	253	0,66	303	0,69	360	0,72	494	0,78	655	0,83	1065	0,94
1:1700	0,00059	37	0,39	54	0,43	74	0,47	99	0,50	161	[illegible]	244	0,64	294	0,67	349	0,70	479	0,75	635	0,81	1033	0,91
1:1800	0,00056	36	0,38	52	0,42	72	0,45	96	0,49	157	[illegible]	238	0,62	286	0,65	340	0,68	466	0,73	617	0,79	1004	0,89
1:1900	0,00053	35	0,37	51	0,41	70	0,44	93	0,48	153	[illegible]	231	0,60	278	0,63	331	0,66	453	0,71	601	0,77	978	0,86
1:2000	0,00050	35	0,36	50	0,40	68	0,43	91	0,46	149	[illegible]	225	0,59	271	0,61	322	0,64	442	0,70	586	0,75	953	0,84

Продолж. таблицы № 9.

Потери напора.		Диаметры труб в миллиметрах.																					
		40		50		80		100		125		150		175		200		225		250		300	
$\frac{h}{L}$	J	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
1: 10	0,10000	1,0	0,79	1,9	1,06	7,2	1,43	13,6	1,73	25,5	[illegible]	42,4	2,40	65,3	2,72	95,0	3,02	131,4	3,31	176,2	3,59	301	4,13
1: 15	0,06667	0,8	0,65	1,6	0,78	5,9	1,17	11,1	1,41	20,8	[illegible]	34,6	1,97	53,3	2,22	77,5	2,46	107,3	2,70	143,9	2,94	238	3,38
1: 20	0,05000	0,7	0,56	1,3	0,67	5,1	1,01	9,7	1,23	18,0	[illegible]	30,0	1,70	46,2	1,92	67,0	2,14	93,2	2,34	124,6	2,54	206	2,92
1: 25	0,04000	0,6	0,50	1,2	0,60	4,5	0,91	8,6	1,09	16,1	[illegible]	26,8	1,52	41,3	1,72	60,0	1,91	83,0	2,09	111,4	2,37	184	2,61
1: 30	0,03333	0,6	0,45	1,1	0,55	4,2	0,82	7,9	1,00	14,7	[illegible]	24,5	1,39	37,7	1,54	54,8	1,74	76,0	1,91	101,8	2,07	169	2,39
1: 35	0,02857	0,5	0,42	1,0	0,52	3,8	0,76	7,2	0,92	13,6	[illegible]	22,6	1,28	35,0	1,45	50,7	1,61	70,3	1,77	94,3	1,93	156	2,21
1: 40	0,02500	0,5	0,40	0,9	0,48	3,6	0,72	6,8	0,87	12,7	[illegible]	21,2	1,20	32,7	1,36	47,5	1,51	65,8	1,66	88,0	1,80	146	2,06
1: 45	0,02222	0,4	0,38	0,9	0,45	3,3	0,67	6,4	0,81	12,0	[illegible]	20,1	1,13	30,8	1,28	44,7	1,42	62,0	1,56	83,0	1,69	138	1,95
1: 50	0,02000	0,4	0,35	0,8	0,43	3,2	0,64	6,1	0,78	11,4	[illegible]	18,9	1,08	29,2	1,26	42,5	1,35	58,8	1,48	78,8	1,61	130	1,85
1: 60	0,01667	0,4	0,32	0,8	0,39	2,9	0,58	5,5	0,71	10,4	[illegible]	17,3	0,98	26,7	1,11	38,7	1,23	53,7	1,35	71,9	1,46	120	1,69
1: 70	0,01429	0,3	0,30	0,7	0,36	2,8	0,54	5,2	0,65	9,6	[illegible]	16,1	0,91	24,7	1,03	35,8	1,14	49,8	1,25	66,6	1,35	110	1,56
1: 80	0,01250	0,3	0,28	0,7	0,34	2,6	0,50	4,8	0,66	9,0	[illegible]	15,0	0,85	23,0	0,96	33,6	1,07	46,5	1,17	62,3	1,27	103	1,46
1: 90	0,01111	0,3	0,26	0,6	0,32	2,4	0,48	4,6	0,58	8,5	[illegible]	14,2	0,80	21,8	0,91	31,7	1,01	43,9	1,11	58,7	1,20	98	1,38
1:100	0,01000	0,3	0,25	0,6	0,31	2,3	0,45	4,3	0,55	8,1	[illegible]	13,4	0,76	20,7	0,86	30,0	0,95	41,6	1,05	55,7	1,14	92	1,31
1:125	0,00800	0,3	0,23	0,5	0,27	2,0	0,41	3,8	0,49	7,2	[illegible]	12,0	0,68	18,5	0,77	26,8	0,85	37,2	0,93	50,7	1,02	83	1,17
1:150	0,00667	0,3	0,20	0,5	0,24	1,9	0,37	3,5	0,45	6,5	[illegible]	11,0	0,62	16,8	0,70	24,5	0,78	34,0	0,85	45,5	0,93	76	1,07
1:175	0,00571	0,3	0,18	0,4	0,23	1,7	0,35	3,2	0,41	6,1	[illegible]	10,2	0,57	15,6	0,65	22,7	0,73	31,5	0,79	42,2	0,86	70	0,99
1:200	9,00500	0,3	0,17	0,4	0,21	1,6	0,32	3,0	0,38	5,7	[illegible]	9,5	0,54	14,6	0,60	21,2	0,68	29,5	0,74	39,4	0,80	66	0,92
1:225	0,00444	0,2	0,17	0,4	0,20	1,5	0,30	2,9	0,37	5,4	[illegible]	9,0	0,50	13,8	0,58	20,0	0,63	27,7	0,70	37,2	0,75	62	0,88
1:250	0,00400	0,2	0,16	0,4	0,19	1,4	0,28	2,7	0,35	5,1	[illegible]	8,5	0,48	13,1	0,54	19,0	0,61	26,3	0,66	35,2	0,72	58	0,83
1:275	0,00364	0,2	0,15	0,4	0,18	1,3	0,27	2,6	0,33	4,8	[illegible]	8,1	0,47	12,4	0,52	18,0	0,58	25,1	0,63	33,6	0,68	56	0,78
1:300	0,00333	0,2	0,15	0,3	0,17	1,3	0,26	2,5	0,31	4,7	[illegible]	7,7	0,46	11,9	0,50	17,3	0,55	24,0	0,61	32,2	0,65	53	0,76
1:325	0,00308	0,2	0,14	0,3	0,17	1,2	0,25	2,4	0,30	4,5	[illegible]	7,5	0,42	11,4	0,48	16,6	0,53	23,1	0,58	30,9	0,63	51	0,72
1.350	0,00286	0,2	0,13	0,3	0,17	1,2	0,24	2,3	0,30	4,3	[illegible]	7,2	0,40	11,1	0,46	16,1	0,51	22,2	0,56	29,8	0,61	49	0,70
1:375	0,00267	0,2	0,13	0,3	0,16	1,2	0,23	2,2	0,29	4,1	[illegible]	6,9	0,39	10,6	0,44	15,5	0,49	21,5	0,54	28,8	0,59	47	0,68

Продолж. таблицы № 9.

Потери напора.		Диаметры труб в миллиметрах																					
		40		50		80		100		125	150		175		200		225		250		300	
$\frac{h}{L}$	J	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
1 : 400	0,00250	0,2	0,12	0,3	0,15	1,1	0,23	2,1	0,28	4,0	6,7	0,38	10,4	0,43	15,0	0,48	20,8	0,53	27,9	0,57	46	0,66
1 : 425	0,00235	0,2	0,12	0,3	0,15	1,1	0,22	2,1	0,27	3,9	6,6	0,37	10,0	0,41	14,5	0,46	20,2	0,51	27,0	0,55	45	0,64
1 : 450	0,00222	0,2	0,11	0,3	0,14	1,1	0,21	2,1	0,26	3,9	6,3	0,36	9,7	0,41	14,2	0,45	19,6	0,49	26,2	0,54	44	0,62
1 : 475.	0,00210	0,2	0,11	0,3	0,14	1,1	0,20	2,0	0,25	3,7	6,2	0,35	9,5	0,40	13,8	0,44	19,2	0,48	25,5	0,52	42	0,60
1 : 500	0,00200	0,2	0,11	0,2	0,13	1,0	0,20	2,0	0,24	3,6	6,0	0,34	9,3	0,39	13,4	0,43	18,6	0,47	24,9	0,51	41	0,58
1 : 550	0,00182	—	—	0,2	0,13	1,0	0,20	1,9	0,23	3,4	5,7	0,32	8,8	0,38	12,8	0,41	17,8	0,44	23,8	0,48	39	0,56
1 : 600	0,00167	—	—	0,2	0,12	0,9	0,19	1,8	0,22	3,3	5,5	0,31	8,5	0,35	12,3	0,39	17,0	0,43	22,7	0,46	37	0,54
1 : 650	0,00154	—	—	0,2	0,12	0,9	0,18	1,7	0,21	3,1	5,2	0,30	8,1	0,33	11,8	0,37	16,3	0,41	21,9	0,45	36	0,51
1 : 700	0,11143	—	—	0,2	0,11	0,9	0,17	1,6	0,21	3,0	5,0	0,29	7,8	0,32	11,3	0,36	15,8	0,40	21,1	0,43	35	0,49
1 : 750	0,00133	—	—	0,2	0,11	0,8	0,17	1,6	0,20	3,0	4,9	0,28	7,6	0,32	11,0	0,35	15,2	0,38	20,4	0,42	34	0,47
1 : 800	0,00125	—	—	—	—	0,8	0,16	1,5	0,20	2,9	4,8	0,27	7,3	0,31	10,6	0,34	14,7	0,37	19,7	0,40	33	0,46
1 : 850	0,00117	—	—	—	—	0,8	0,16	1,5	0,19	2,8	4,6	0,26	7,1	0,30	10,2	0,33	14,2	0,36	19,1	0,39	32	0,45
1 : 900	0,00111	—	—	—	—	0,8	0,15	1,4	0,18	2,7	4,5	0,25	6,8	0,29	10,0	0,32	13,9	0,35	18,5	0,38	31	0,44
1 : 950	0,00105	—	—	—	—	0,7	0,15	1,4	0,18	2,6	4,4	0,24	6,7	0,28	9,7	0,31	13,5	0,34	18,2	0,37	30	0,43
1 : 1000	0,00100	—	—	—	—	0,7	0,14	1,3	0,17	2,5	4,2	0,24	6,5	0,27	9,4	0,30	13,1	0,34	17,6	0,36	29	0,41
1 : 1100	0,00091	—	—	—	—	0,7	0,13	1,3	0,16	2,4	4,0	0,23	6,2	0,26	9,1	0,29	12,5	0,32	16,8	0,35	28	0,39
1 : 1200	0,00083	—	—	—	—	0,6	0,13	1,3	0,16	2,3	3,9	0,22	5,9	0,25	8,6	0,27	12,1	0,30	16,2	0,33	26	0,37
1 : 1300	0,00077	—	—	—	—	0,6	0,12	1,2	0,15	2,2	3,7	0,22	5,8	0,24	8,3	0,26	11,6	0,29	15,4	0,32	26	0,36
1 : 1400	0,00071	—	—	—	—	0,6	0,12	1,2	0,14	2,2	3,6	0,21	5,5	0,23	8,0	0,25	11,1	0,28	14,9	0,30	25	0,35
1 : 1500	0,00066	—	—	—	—	0,6	0,12	1,1	0,14	2,1	3,5	0,20	5,3	0,23	7,7	0,24	10,8	0,27	14,3	0,29	24	0,34
1 : 1600	0,00062	—	—	—	—	0,5	0,12	1,1	0,13	2,0	8,3	0,19	5,1	0,22	7,5	0,24	10,3	0,26	13,9	0,28	23	0,33
1 : 1700	0,00059	—	—	—	—	0,5	0,11	1,1	0,13	2,0	8,2	0,19	5,0	0,21	7,2	0,23	10,1	0,25	13,5	0,27	23	0,32
1 : 1800	0,00056	—	—	—	—	0,5	0,11	1,0	0,13	1,9	8,1	0,18	4,9	0,21	7,1	0,23	9,8	0,24	13,2	0,27	22	0,31
1 : 1900	0,00053	—	—	—	—	0,5	0,11	1,0	0,13	1,9	8,0	0,17	4,8	0,20	6,9	0,22	9,5	0,24	12,8	0,26	21	0,30
1 : 2000	0,00050	—	—	—	—	0,5	0,10	1,0	0,12	1,8	8,0	0,16	4,6	0,19	6,7	0,22	9,3	0,24	12,4	0,25	21	0,29

Потери напора.		Диаметры труб в миллиметрах.									
		350		400		450		500		600	
$\frac{h}{L}$	J	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
1: 10	0,10000	447	4,65	645	5,23	889	5,60	1188	6,05	1949	[illegible]
1: 15	0,06667	364	3,79	527	4,18	727	4,57	970	4,94	1592	[illegible]
1: 20	0,05000	316	3,28	456	3,62	629	3,96	840	4,28	1379	[illegible]
1: 25	0,04000	282	2,94	408	3,25	562	3,54	751	3,82	1233	[illegible]
1: 30	0,03333	258	2,68	373	2,96	514	3,25	686	3,49	1125	[illegible]
1: 35	0,02857	239	2,48	344	2,75	476	2,99	635	3,23	1042	[illegible]
1: 40	0,02500	224	2,33	322	2,57	445	2,80	594	3,03	975	[illegible]
1: 45	0,02222	210	2,19	304	2,42	420	2,53	560	2,85	918	[illegible]
1: 50	0,02000	199	2,08	288	2,30	398	2,50	531	2,71	871	[illegible]
1: 60	0,01667	182	1,90	264	2,09	366	2,28	484	2,47	795	[illegible]
1: 70	0,01429	168	1,76	244	1,94	336	2,12	448	2,28	737	[illegible]
1: 80	0,01250	157	1,64	228	1,82	315	1,98	420	2,14	689	[illegible]
1: 90	0,01111	149	1,55	215	1,71	296	1,87	396	2,01	650	[illegible]
1:100	0,01000	141	1,47	204	1,62	282	1,77	376	1,91	617	[illegible]
1:125	0,00800	126	1,31	183	1,45	253	1,58	336	1,71	551	[illegible]
1:150	0,00667	115	1,20	166	1,32	230	1,45	306	1,56	504	[illegible]
1:175	0,00571	107	1,11	154	1,23	213	1,34	284	1,45	468	[illegible]
1:200	0,00500	100	1,03	144	1,15	199	1,25	266	1,36	436	[illegible]
1:225	0,00444	94	0,98	136	1,08	188	1,18	250	1,27	411	[illegible]
1:250	0,00400	90	0,92	130	1,03	178	1,12	237	1,21	390	[illegible]
1:275	0,00364	85	0,89	123	0,98	170	1,07	226	1,15	372	[illegible]
1:300	0,00333	81	0,85	118	0,94	162	1,02	217	1,11	356	[illegible]
1:325	0,00308	79	0,81	114	0,90	156	0,99	209	1,06	342	[illegible]
1:350	0,00286	75	0,79	109	0,87	150	0,95	200	1,03	330	[illegible]
1:375	0,00267	73	0,76	106	0,84	145	0,91	194	0,99	318	[illegible]

Продолж. таблицы № 9.

Диаметры труб в миллиметрах.											
700		750		800		900		1.000		1.200	
Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
2966	7,71	3575	8,09	4241	8,46	5837	9,18	7759	9,90	12695	11,23
2423	6,29	2918	8,11	3469	6,91	4765	7,50	6336	8,07	10364	9,16
2098	5,45	2527	5,72	3005	5,98	4127	6,49	5487	6,99	8975	7,94
1876	4,88	2260	5,12	2688	5,35	3691	5,80	4908	6,25	8028	7,10
1713	4,45	2062	4,62	2454	4,88	3370	5,30	4480	5,71	7219	6,48
1587	4,12	1912	4,32	2272	4,53	3120	4,91	4148	5,29	6785	6,00
1483	3,86	1787	4.05	2125	4,23	2919	4,59	3880	4,94	6356	5,61
1399	3,63	1685	3,81	2004	3,99	2752	4,33	3658	4,66	5984	5,30
1328	3,45	1599	3,62	1901	3,78	2611	4,01	3471	4,42	5676	5,02
1211	3,15	1460	3,30	1736	3,46	2383	3,75	3168	4,04	5182	4,58
1121	2,92	1350	3,06	1608	3,20	2206	3,47	2933	3,74	4798	4,24
1049	2,73	1263	2,86	1503	2,99	2063	3,24	2744	3,50	4488	3,97
989	2,57	1190	2,69	1418	2,82	1946	3,06	2586	3,30	4231	3,74
938	2,44	1130	2,56	1346	2,68	1847	2,91	2454	3,12	4014	3,55
938	2,18	1011	2,29	1203	2,39	1653	2,60	2194	2,79	3590	3,18
766	1,99	923	2,09	1098	2,18	1509	2,38	2003	2,55	3242	2,90
710	1,84	855	1,94	1017	2,03	1497	2,19	1856	2,36	3028	2,68
664	1,72	798	1,81	951	1,90	1806	2,06	1736	2,21	2838	2,51
626	1,65	753	1,71	896	1,78	1231	1,94	1636	2,08	2680	2,36
593	1,55	715	1,62	850	1,69	1168	1,84	1552	1,98	2539	2,24
566	1,47	681	1,55	811	1,61	1114	1,75	1480	1,88	2421	2,14
542	1,41	652	1,48	777	1,55	1067	1,67	1417	1,81	2317	2,05
521	1,35	627	1,42	746	1,48	1025	1,61	1362	1,73	2227	1,97
502	1,30	604	1,37	718	1,43	988	1,55	1312	1,67	2146	1,87
484	1,26	588	1,32	695	1,38	954	1,50	1267	1,61	2072	1,84

Потери напора.		Диаметры труб в миллиметрах									
		350		400		450		500		600	
$\frac{h}{L}$	J	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
1 : 400	0,00250	70	0,73	102	0,81	141	0,88	187	0,96	308	[illegible]
1 : 425	0,00235	69	0,71	100	0,79	136	0,86	182	0,93	299	[illegible]
1 : 450	0,00222	67	0,70	97	0,76	133	0,84	177	0,90	291	[illegible]
1 : 475	0,00210	65	0,68	94	0,74	129	0,81	173	0,88	283	[illegible]
1 : 500	0,00200	64	0,66	91	0,72	126	0,79	168	0,86	276	[illegible]
1 : 550	0,00182	60	0,62	87	0,69	120	0,76	160	0,81	263	[illegible]
1 : 600	0,00167	58	0,60	84	0,66	115	0,72	153	0,78	252	[illegible]
1 : 650	0,00154	56	0,58	80	0,63	111	0,69	148	0,75	242	[illegible]
1 : 700	0,00143	53	0,56	77	0,62	107	0,67	142	0,72	233	[illegible]
1 : 750	0,00133	51	0,54	74	0,60	103	0,64	138	0,70	225	[illegible]
1 : 800	0,00125	50	0,52	73	0,58	100	0,63	133	0,67	218	[illegible]
1 : 850	0,00117	49	0,50	70	0,56	97	0,61	129	0,66	211	[illegible]
1 : 900	0,00111	47	0,49	68	0,54	94	0,59	126	0,64	206	[illegible]
1 : 950	0,00105	46	0,48	66	0,52	91	0,57	122	0,62	200	[illegible]
1 : 1000	0,00100	45	0,47	64	0,51	89	0,56	119	0,61	195	[illegible]
1 : 1100	0,00091	43	0,44	62	0,49	85	0,53	114	0,58	186	[illegible]
1 : 1200	0,00083	41	0,42	59	0,47	81	0,52	108	0,55	178	[illegible]
1 : 1300	0,00077	39	0,41	57	0,45	78	0,49	104	0,53	171	[illegible]
1 : 1400	0,00071	38	0,39	54	0,43	76	0,47	101	0,51	165	[illegible]
1 : 1500	0,00066	37	0,38	52	0,42	73	0,46	97	0,50	159	[illegible]
1 : 1600	0,00062	36	0,37	51	0,40	70	0,44	94	0,48	154	[illegible]
1 : 1700	0,00059	34	0,36	50	0,39	68	0,43	91	0,46	149	[illegible]
1 : 1800	0,00056	33	0,35	48	0,39	66	0,41	89	0,45	145	[illegible]
1 : 1900	0,00053	32	0,34	47	0,38	64	0,41	86	0,44	142	[illegible]
1 : 2000	0,00050	32	0,33	46	0,37	63	0,40	84	0,42	138	[illegible]

Продолж. таблицы № 9

Диаметры труб в миллиметрах.											
700		750		800		900		1.000		1.200	
Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
469	1,23	565	1,28	672	1,33	923	1,45	1266	1,57	2007	1,77
456	1,18	548	1,24	653	1,30	896	1,41	1190	1,52	1947	1,72
442	1,15	533	1,20	634	1,26	871	1,37	1158	1,47	1892	1,68
430	1,12	518	1,17	617	1,23	848	1,34	1127	1,43	1843	1,63
420	1,09	505	1,15	601	1,19	826	1,30	1098	1,40	1796	1,59
401	1,04	482	1,09	573	1,14	788	1,24	1047	1,33	1713	1,52
382	1,00	456	1,04	549	1,09	754	1,19	1002	1,27	1640	1,43
368	0,96	443	1,01	528	1,05	724	1,14	962	1,23	1575	1,39
355	0,92	427	0,97	518	1,01	698	1,09	927	1,18	1519	1,34
343	0,89	413	0,93	491	0,98	675	1,06	886	1,14	1466	1,30
332	0,87	400	0,90	475	0,94	653	1,03	867	1,11	1421	1,25
322	0,84	387	0,88	461	0,91	634	1,00	842	1,07	1378	1,22
313	0,81	377	0,86	448	0,90	616	0,97	818	1,04	1338	1,19
304	0,79	366	0,83	436	0,87	599	0,94	797	1,01	1305	1,15
297	0,77	358	0,81	426	0,85	584	0,92	776	0,99	1270	1,12
283	0,74	341	0,77	405	0,80	557	0,88	740	0,95	1211	1,07
271	0,71	326	0,74	388	0,77	534	0,84	708	0,90	1159	1,03
261	0,68	313	0,71	374	0,75	512	0,80	680	0,86	1113	0,99
251	0,65	302	0,68	360	0,72	493	0,78	656	0,83	1073	0,95
242	0,63	292	0,66	347	0,69	477	0,75	634	0,81	1037	0,91
235	0,61	282	0,64	336	0,67	462	0,73	614	0,78	1014	0,89
227	0,60	274	0,62	326	0,65	448	0,70	595	0,76	973	0,86
222	0,58	267	0,61	317	0,63	436	0,68	578	0,74	946	0,84
215	0,56	259	0,59	309	0,62	423	0,66	563	0,72	922	0,81
210	0,55	253	0,57	301	0,60	413	0,65	549	0,70	898	0,79

§ 33. Численные примеры определения диаметров труб.

Пример 1. Труба должна провести 50 литр./сек. при скорости в 1 *м.* при коэффициенте шероховатости 0,25: найти d и J.

Для этой цели мы обращаемся к таблице № 9 и ищем в графах Q и v подходящие значения. В столбцах, соответствующих диаметру 250 (стр. 89), мы находим $Q = 50{,}1$ и $v = 1{,}02$; отсюда ясно, что искомое $d = 250$ *мм.* Для определения J нам необходимо провести интерполяцию. Мы видим, что $Q = 50{,}1$ соответствует $J_i = 0{,}00667$, а $Q_2 = 46{,}4 — J_2 = 0{,}00571$. Тогда разность между J_1 и $J_2 — \triangle J = 0{,}00096$ при разности в расходах $\triangle Q = 3{,}7$ литр./сек. Разность между данным расходом и ближайшим большим 0,1 литр./сек.

Тогда $S = S_1 - \dfrac{\triangle J \ 0{,}1}{\triangle Q} = 0{,}00667 - \dfrac{0{,}00096.0{,}1}{3{,}7} = 0{,}00667$ $- 0{,}000026 = 0{,}00664$; зная J и помножая его на L получим общую потерю напора во всей линии.

Пример 2. Труба диаметром 300 *мм* проводит 60 литр./сек. коэффицент $b = 0{,}30$; требуется найти v_o и J_o.

В столбце, соответствующем диам. 300 таблицы № 9, (стр. 97) мы находим, что при $Q = 62$, $v = 0{,}88$ и $J = 0{,}00444$ и при $Q_2' = 58$, $v = 0{,}83$ и $J = 0{,}00400$. Решаем задачу интерполяцией.

$$\text{Искомое } J_o = 0{,}00444 - \frac{0{,}00044.2}{4} = 0{,}00422,$$

$$v_o = 0{,}88 - \frac{0{,}05.2}{4} = 0{,}85.]$$

Пример 3. Труба, проводит 60 литр./сек. при $J = 0{,}0444$, $b = 0{,}25$; требуется найти d и v_o.

Смотрим в горизонтальной графе диаметры соответственной проводоспособности при заданном уклоне и видим, что при $d_1 = 250$, $Q = 40{,}9$ и $v = 0{,}83$, (стр. 89), а при $d_2 = 300$, $Q = 68$ и $v = 0{,}96$. Отсюда ясно, что приходится брать ближайшее большее значение, т.-е. $d = 300$, а следовательно, заданный уклон должен быть соответственно уменьшен. Поэтому задача третья сводится ко второй задаче и решается аналогичным путем.

Пример 4. Труба, диаметром 400 *мм*, имеет скорость 0,80 метра, $b = 0{,}25$. Найти Q_o и J_o.

По соответственным диаметру 400 *мм* данным таблицы № 9 ищем подходящую скорость и находим, что при $v_1 = 0{,}81$, $Q_1 = 102$, $J_1 = 0{,}00210$ (стр. 94), а $v_2 = 0{,}79$, $Q_2 = 99$, $J_i = 0{,}002$.

Здесь Q определяется через интерполяцию $v_1 — \triangle Q = 3$, $\triangle v = 0{,}02$; $v - v_1 = 0{,}01$.

$$\text{Отсюда } Q = 102 - \frac{3.0{,}01}{0{,}02} = 100{,}5$$

определяется обычной интерполяцией.

Пример 5. Найти Q_o и d для трубы, в которой $v = 1$ метру, а $J = 0{,}00444$ при $b = 0{,}25$.

В соответственном J столбце таблицы № 9 находим, что при $d = 300$, $v_1 = 0{,}96$, $Q = 68$ (стр. 89), а при $d_2 = 350$, $v_2 = 1{,}07$, и $Q_2 = 103$ (стр. 92).

Здесь задача допускает 2 решения для $d = 300$ и 350; по экономическим соображениям следует выбрать $d_o = 300$, так как уменьшение скорости на 0,04 метра не имеет практического значения.

Пример 6. Найти Q и v для труб, диам. 300, при $J_o = 0{,}00333$ и $b = 0{,}25$.

В соответственной графе диаметру 300 и $J_o = 0{,}00333$ сразу находим требуемые величины $v = 0{,}83$ и $Q = 58$.

Если бы J_o у нас равнялось 0,00350, то пришлось бы прибегнуть к интерполяции.

$$J_1 = 0{,}00364, \quad v_1 = 0{,}86, \quad Q_1 = 61$$

$$J_2 = 0{,}00333, \quad v_2 = 0{,}83, \quad Q_2 = 58$$

$$Q_o = 61 - \frac{0{,}00031 \cdot 3}{0{,}00364} = 60{,}75$$

$$v_1 = 0{,}86 - \frac{0{,}03 \cdot 2{,}7}{3} = 0{,}83.$$

Приведенные нами шесть численных примеров исчерпывают все задачи, встречающиеся в водопроводной практике, и дают наглядное представление для пользования составленными нами таблицами.

В поселковых водопроводах диаметры магистралей не будут выходить из пределов 250—150 *мм*, а ветвей 100 *мм* — редко 75 *мм*. Но если бы возникла мысль о групповом водоснабжении поселков, т.-е. о питании лежащих на известном расстоянии поселков из общего источника водоснабжения, то придется магистралям придавать большие размеры, для определения которых будут пригодны те же таблицы, дающие все необходимые подсчеты для определения диаметров от 40 до 1200 *мм*. Подобные примеры имеются за границей во многих государствах (Германия, Италия).

Литературные источники:

1) **Проф. В. Ф. Иванов.**—Исследование влияния экономических условий на начертание водопроводной и оросительной сетей, изв. Киевск. Политехн. Инст., 1908.

2) **Он же.**—Водоснабжение г. Камышина грунтовой водой, 2 изд.

3) **Он же.**—Групповое водоснабжение сел, городов и заводов Одесского района — доклад на III (XIV) Всесоюзн. Водопроводн. и С. Т. С'езде.

4) **Проф. Б. К. Правдзик.**—Водоснабжение, 1905.

5) **Проф. А. К. Енш.**—Материалы для курса Водоснабжения, 1914.

6) **Проф. Н. А. Кашкаров.**—Курс Водоснабжения, 1926.

7) **Imbeaux et Debauve.**—La distribution d'eau, 1905.

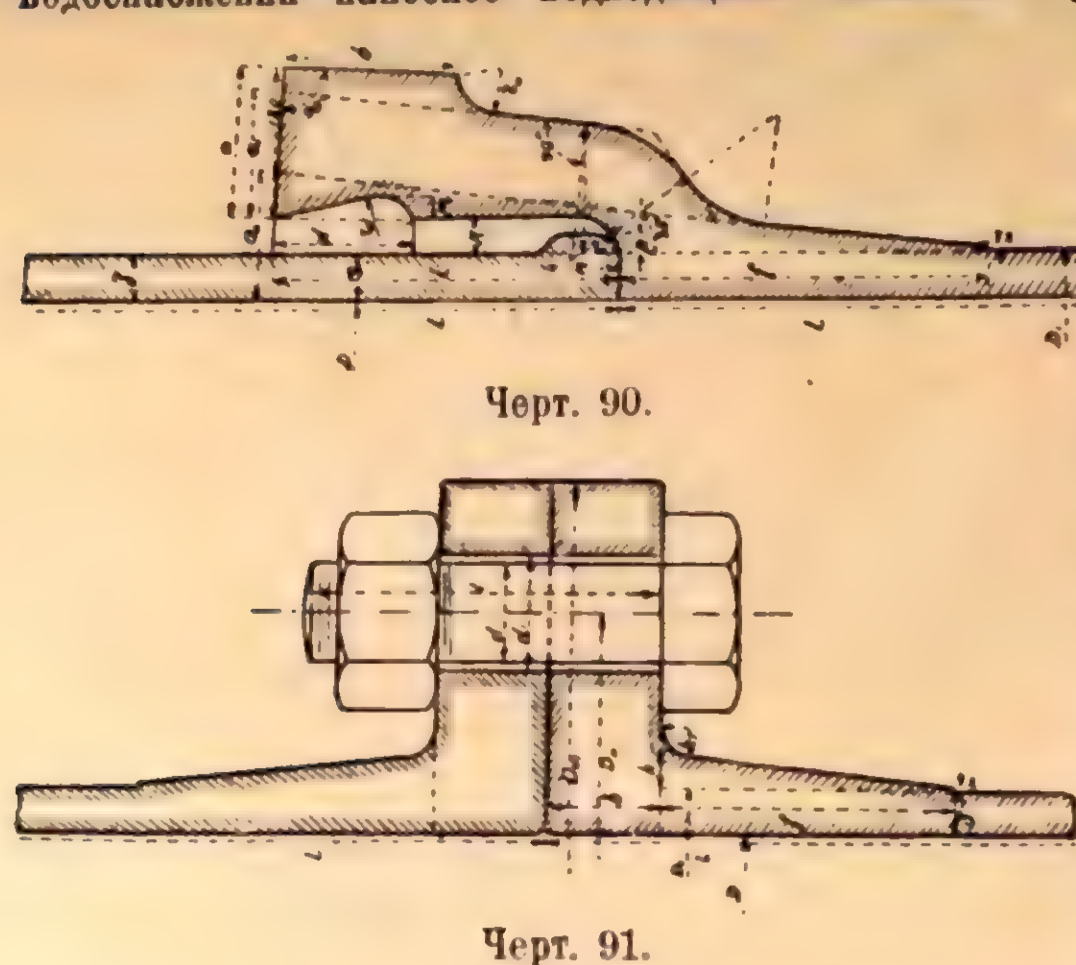
8) **Smreker.**—Die Wasserversorgung der Städte, 1914.

9) **Luger-Weyrauch.**—Die Wasserversorgung der Städte, 1917.

ГЛАВА XI.

Трубы и приборы для водопроводной сети.

§ 34. Типы труб для водоснабжения поселков. Для поселковых водоснабжений наиболее подходящими являются чугунные трубы, изготовление которых на заводах СССР не представляет затруднений.

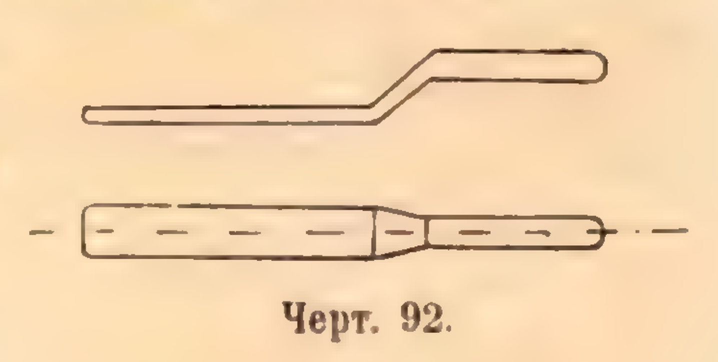


Черт. 90.

Черт. 91.

Трубы соединяются между собой раструбами (черт. 90) или фланцами (черт. 91).

Раструбное соединение чугунных труб делается следующим образом: конец вставляемой трубы, снабженный небольшим уширением (буртом), обматывается просмоленным пеньковым жгутом на величину, установленную Русским нормальным метрическим сортаментом чугунных водопроводных труб 1901 г. и укрепляется плотно посредством особого инструмента — конопатки (черт. 92). Затем, остающееся пространство заливается расплавленным свинцом и зачеканивается в целях образования плотности соединения особым инструментом „зачеканкой" (черт. 93). Для того, чтобы свинец не выливался из стыка его обмазывают глиной, оставляя в этой обмазке два отверстия: одно для заливки свинцом, а другое — для выхода воздуха (черт. 94).



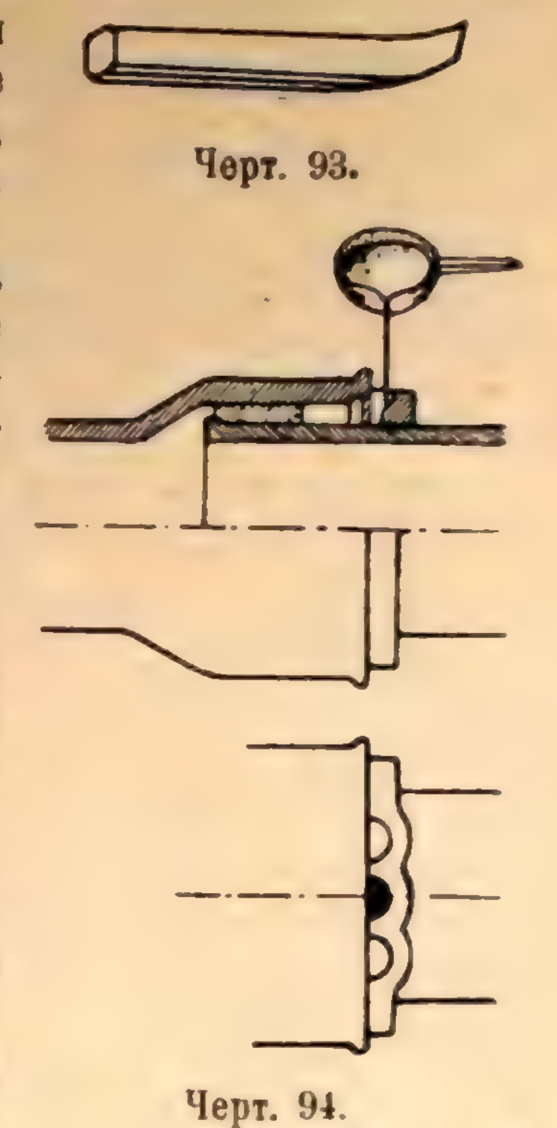
Черт. 92.

Сам свинец растапливается вблизи соединения труб в котелке и выливается в стык ложкой. Общий чертеж раструбной трубы показан на черт. 95.

Фланцевое соединение труб делается путем простого сбалчивания труб между собой с просмоленной картонной или резиновой прокладкой между ними.

Фланцевое соединение уступает по прочности раструбному, но требуется во всех случаях, когда нужно присоеди-

нить какой-либо прибор к водопроводной сети. Такие случаи будут иметь место при установке задвижек, различных водопроводных кранов и приборов, при присоединении к насосам, бакам и пр. Диаметры чугунных труб D (черт. 95) по Русскому нормальному сортаменту колеблятся между 40 и 1200 *мм*; строительная длина L чугунных водопроводных труб для $D = 40$—75 *мм*—2 *м*, для $D = 100$—300—3 *м*, для $D = 350$ — 1200 *мм* — 3,75 *м*. Некоторые заводы в СССР отливают трубы длиной 4 *м*, что является практически выгодным, так как сокращает количество стыков. Толщина стенок труб δ, устанавливаемая на нормальное (рабочее) давление в сети не свыше 10 атм. определяется по эмпирическим формулам: для труб диаметром от 40 до 300 *мм* — $\delta = 6,5$ *мм* $+ 0,02\ D$, где D — внутренний диаметр, и для труб, диаметром от 300—1200 $= \delta = 6$ *мм* $+ 0,02\ D$.

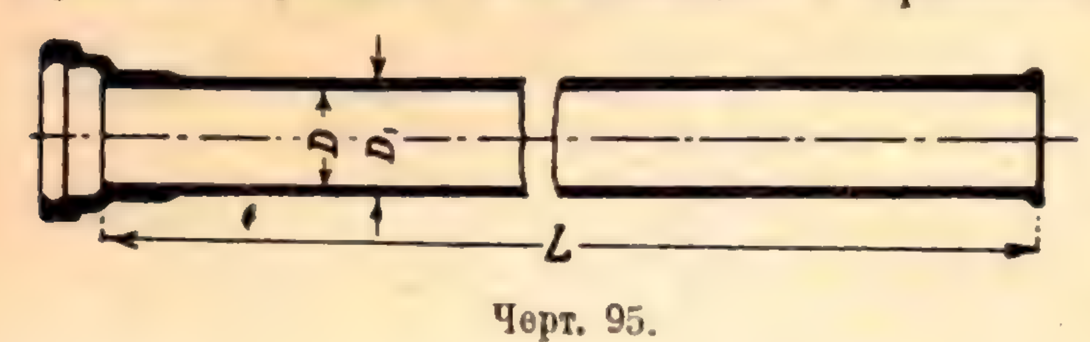


Черт. 93.

Черт. 94.

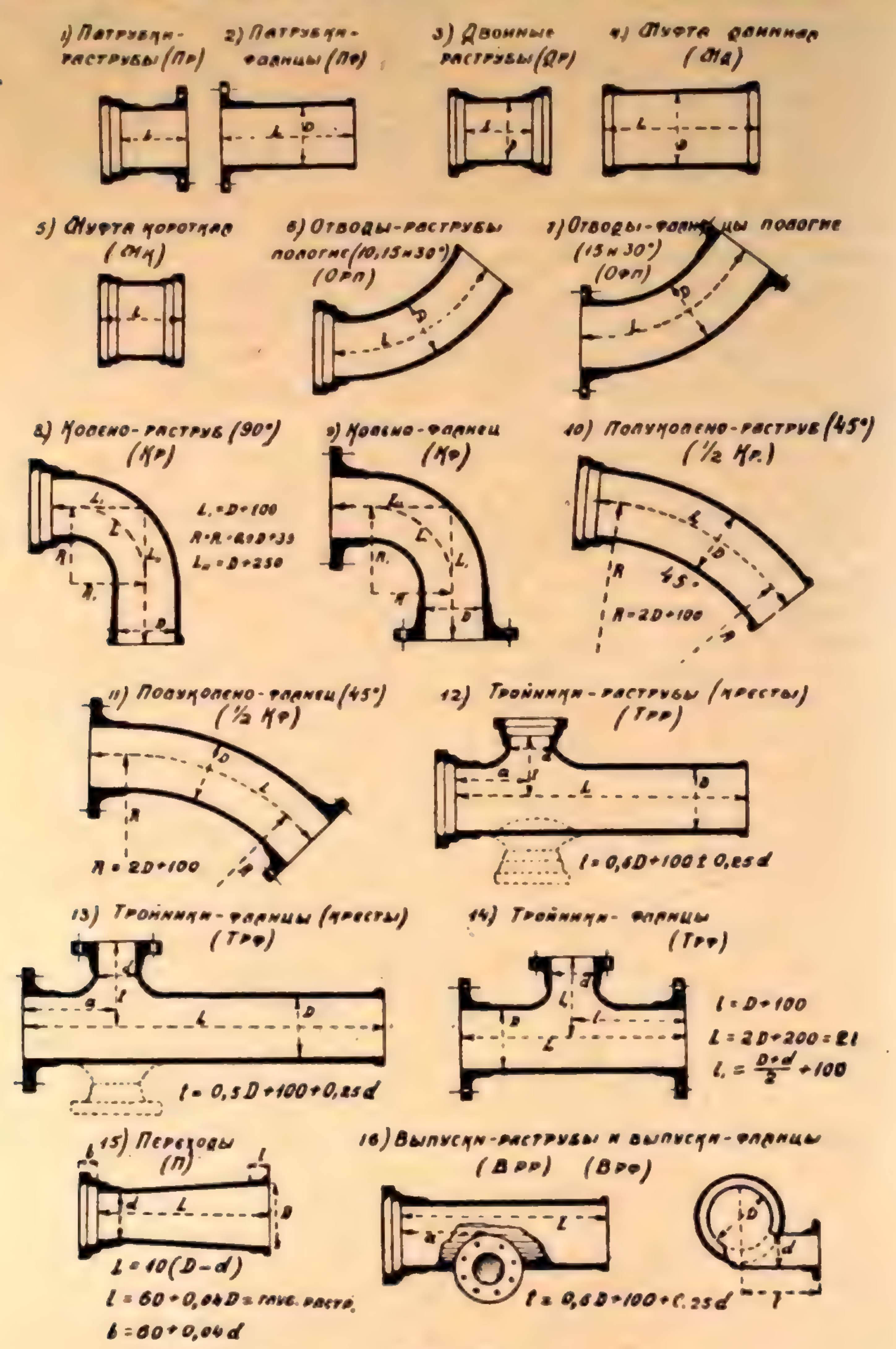
При устройстве водопроводной сети приходится укладывать особые фасонные части, которые также нормированы для всех самых простейших случаев (черт. 96). Так нормированы: колена или повороты на 90°, полуколена или повороты на 45°, отводы или повороты на 10°; 15°; 30°, тройники для присоединения ветвей и водопроводных кранов, крестовины для пересечения водопроводных ветвей, патрубки для задвижек и водопроводных кранов, раструб-фланец и фланец-бурт, муфты и выпуски, служащие для удаления воды и осадков из сети при прокладке сети в ровной местности.

Детальные размеры труб с раструбными и фланцовыми соединениями и различных фасонных частей помещены в нормальном метрическом сортаменте русских чугунных водопроводных труб у Водопроводного С'езда, 1901 г. Недостатки этого сортамента, обнаружившиеся в течение четверти века на практике при постройке водопроводов в городах СССР, вынудили Всесоюзные Водопроводные С'езды заняться некоторой переработкой типа труб с раструбными соединениями. В результате новое раструбное соединение (черт. 97) получило коническое уширение в пределах свинцовой заливки с целью создать клин противу его вырывания.



Черт. 95.

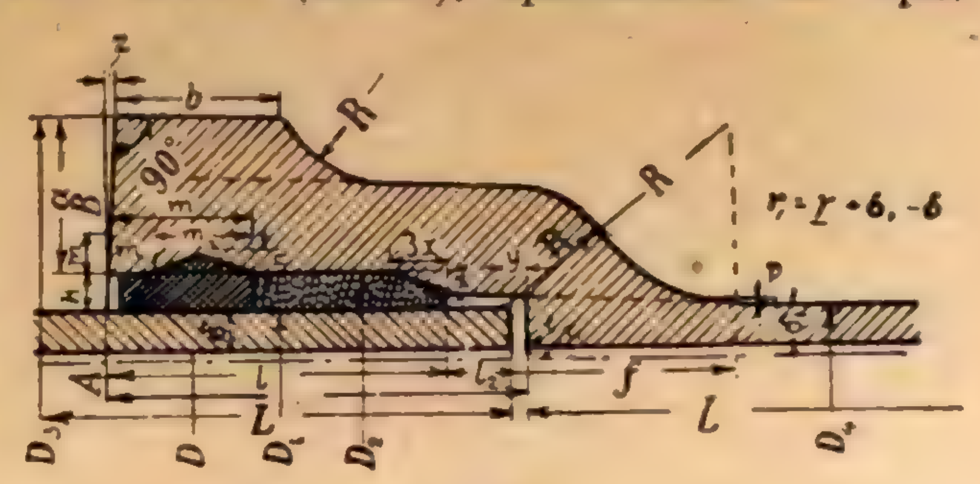
Кроме того конопатка была вдвинута в тело раструба и в своем конце приобрела конусообразную форму, что дало



Черт. 96.

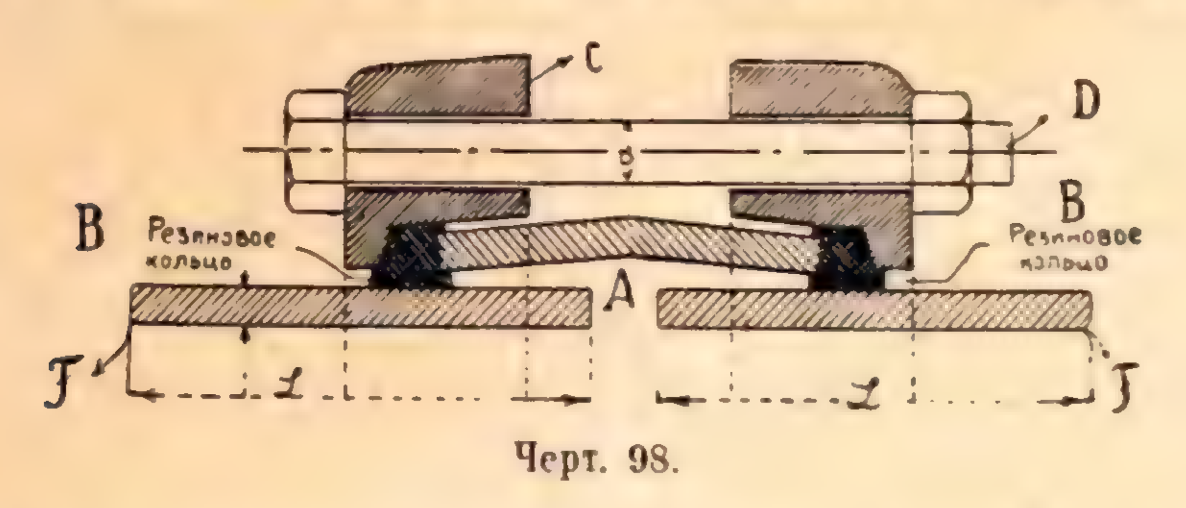
возможность уничтожить на противоположном конце трубы бурт. Но введение этого сортамента в жизнь, пока еще не опубликован-

ного, потребует промежутка времени (от 3 до 5 лет) пока заводы смогут сменить опоки в труболитейных. В плывунах и болотистых грунтах трубы с раструбными соединениями вследствие жестокости их стыка часто ломаются, что разумеется вызывает необходимость замены раструбного стыка новым, более эластичным. Таким требованиям удовлетворяет стык Жибо (Gibault), примененный для городской водопроводной сети в Киеве, для ж. д. водопроводов (Бологое-Полоцкая ж. д.) и пр. Устройство стыка Жибо заключается в следующем (черт. 98). Стык Жибо состоит из чугунного кольца, которое охватывает гладкие концы труб с некоторым зазором; это кольцо с двух сторон опирается на резиновые кольца, прижатые к нему посредством чугунных фланцев.



Черт. 97.

§ 35. **Технические условия для приемки труб.** Для оценки качества чугунных труб Водопроводными С'ездами одновременно с нормальным метрическим сортаментом были разработаны технические условия для их приемки (подр. см. норм. мет. водопров. чугунных труб и пр.). Эти условия имеют своим назначением: 1) определить качество чугуна для отливки труб и фасонных частей; 2) установить допускаемые уклонения от норм для размеров труб и фасонных частей и их веса; 3) определить



Черт. 98.

нормы для гидравлического испытания труб, и 4) установить порядок их испытания.

Чугун для отливки труб и фасонных частей должен быть второй плавки, светло-серый, мягкий, мелко-зернистый, в изломе однородный, без признака раковин, плен, трещин и пр. Для проверки его качества из каждой порции чугуна, предназначенной для отливки, отливают 2 пробных бруска, сечением 25 *мм* × 50 *мм*, длиной 1200 *мм*, и подвергают испытанию на изгиб, подвешивая к бруску груз в 1200 *кг*. Если прогиб будет больше 10 *мм*, при испытании обоих брусков, то вся

партия чугуна бракуется. Чугунные трубы должны быть отлиты вертикально, раструбом вниз, а фасонные части отливаются горизонтально, вследствие сложности их форм. Уклонения от размеров для труб нормируются таким образом: длина труб ± 10 *мм*, искривление ± 13 *мм*, уменьшение толщины стенки на одной стороне трубы не должно быть более 10%, местные уменьшения толщины стенки 20%, изменения в весе допускаются в обе стороны на 5%. Гидравлическое испытание труб производится на гидравлическом прессе в течение 10 минут. Величина пробного давления для труб падает по мере увеличения диаметра труб: для труб до 150 *мм* — 30 атм. до 300 *мм* — 25 атм. для диаметров свыше 300 *мм* — 20 атм.; для фасонных частей — 15 атм.

Во время производства гидравлического испытания по трубам ударяют молотком весом около 1 *кил.* с целью обнаружить какую-либо заделанную заводом трещину. Гидравлическое испытание рекомендуется производить над неасфальтерованными трубами. После окончания гидравлического испытания трубы подогреваются (в целях их высушивания) и опускаются в ванну для асфальтировки, заполненную специальным составом (Ангуса Смита — 84% каменно-угольной смолы, 12% льняного масла и 4% резины). Прочность асфальтировки испытывается ударами стального молотка; если в результате этих постукиваний асфальтировка будет отпадать так, что обнаружится металлическая поверхность трубы, то такая труба бракуется. Порядок приемки таков: вся партия труб, отлитых с клеймом заказчика, разбивается на десятки, и испытаниям подвергается одна из труб этого десятка. Если эти испытания неудовлетворительны, то пробуют вторую трубу этого же десятка; при неудаче и этого испытания весь десяток бракуется, для чего в присутствии приемщика с труб срубаются клейма заказчика.

Порядок испытания таков: проверка размеров, взвешивание и гидравлическое испытание.

Из других материалов, пригодных для поселкового водоснабжения заслуживают некоторого внимания деревянные трубы, широко примененные в С. Ш. С. А. и в Европе (Германия, Австрия). За последние годы в нескольких пунктах СССР (Москва, Баку и др.) применены деревянные трубы американского типа, так как оказалось возможным их подвергать сравнительно высокому давлению до 10 атм. Но, исторически, деревянные трубы простой конструкции из выдолбленных стволов дерева давно были использованы в небольших городах и поселках СССР (Пулково, Сарепта, Мензелинск и пр.). Конструкция деревянных труб большого диаметра американского типа показана на черт. 99.

Трубы этого типа делаются из высушенного предварительно в паровых сушильнях клепок, толщ. от 2,5 до 6,5 *см* шириной от 5 до 15 *см*, соединенных между собой стальными или дубовыми пластинками (черт. 99).

Сделанные таким образом трубы укрепляются специальными обручными стежками из круглого оцинкованного или асфальтированного железа, соединенными между собой штампованным башмаком из

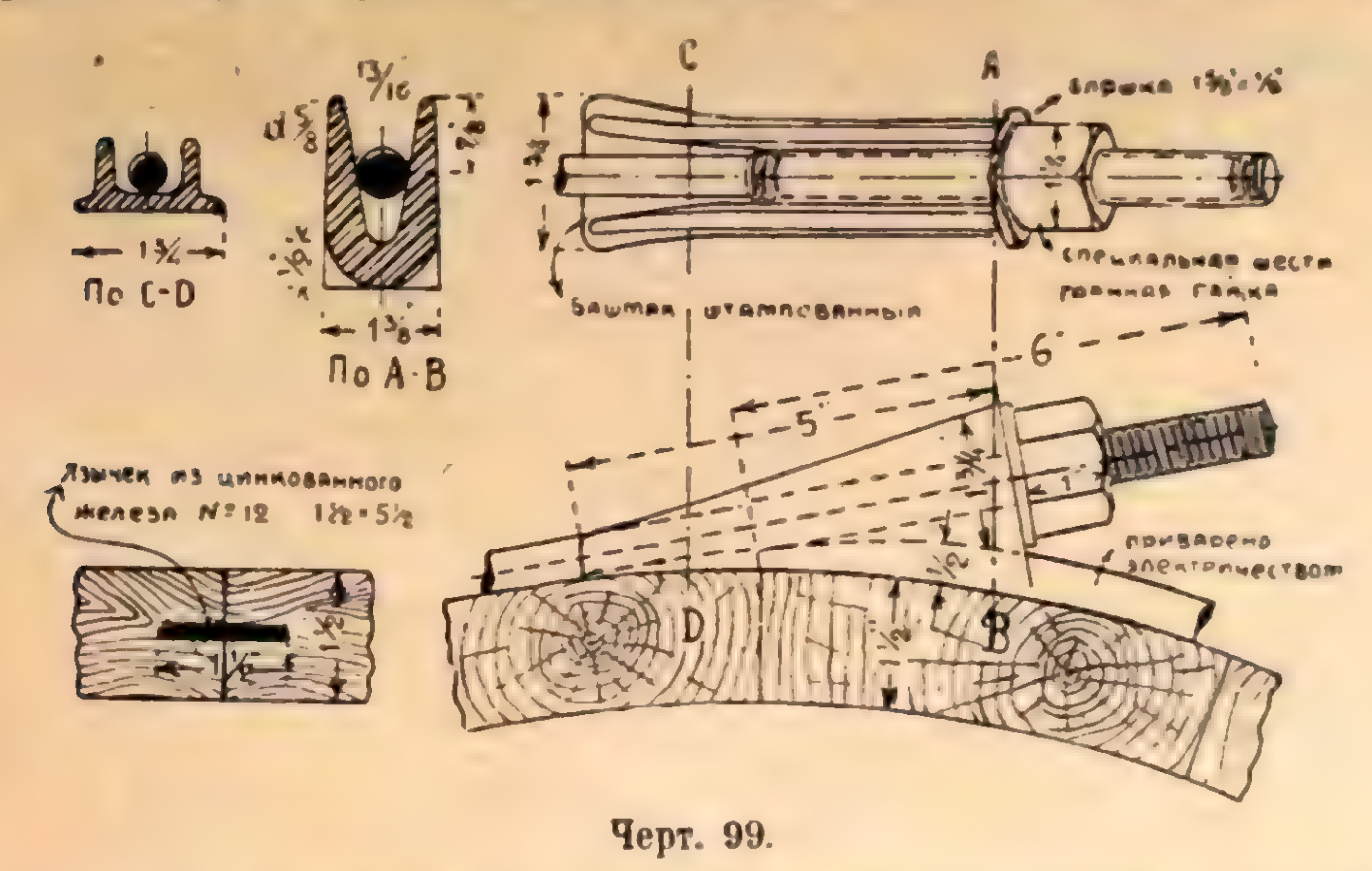
чугуна или ковкого железа, приваренным к ним электричеством. Клепки для труб берутся разной длины, с целью располагать их стыки в разбежку. В качестве материала для деревянных труб берут в С. Ш. С. А. красную (боровую) сосну. В Германии — сосну, лиственницу и ель. Давление выдерживаемое деревянными трубами такого типа 8—10 атм.

Потеря напора в деревянных трубах меньше, чем в чугунных вследствие большей гладкости их стенок.

Она определяется по формуле Скобея

$$J = 0{,}000875\,\frac{v^{1,8}}{d^{1,17}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (18),$$

где J гидравлический уклон, v скорость движения воды и d — диаметр трубы в метрич. мерах. Главный их недостаток — утечка воды через поры дерева, которая по американским данным достигает 1000 литров воды на 25 *мм* диаметра трубы при протяжении ее 1 *км*.



Черт. 99.

Стоимость их равняется в среднем 25—30% стоимости чугунных труб. С чугунными трубами могут сравняться по своей прочности и стоимости, изобретенные в Италии цементно-асбестовые трубы, получившие название „этернитовых" труб. Материалом для них служит раствор из 15% асбестового волокна и 85% хорошего цемента.

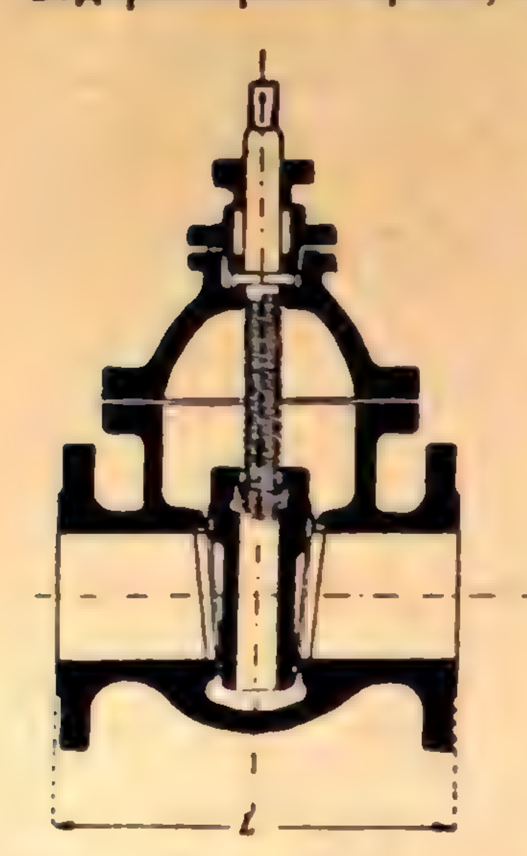
Литературные источники:

1) Нормальный метрический сортамент чугунных водопроводных труб и технические условия для их изготовления и приемка, издание Комиссии V Водопр. С'езда, 1901 г.

2) Проф. В. Ф. Иванов.—Технический обзор составления нормального метрического сортамента, там же.

3) Инж. И. А. Розов.—Деревянные трубы. Американская практика 1925 г.

§ 36. Приборы водопроводной сети: задвижки, пожарные и водоразборные краны, водоразборные будки, воздушные и осадочные вантузы. На всех пунктах пересечения ветвей водопроводной сети приходится для выделения любого ее участка ставить задвижки; также задвижки (вентили) необходимы для установки на сети и в зданиях во всевозможных кранах и приборах.



Черт. 100.

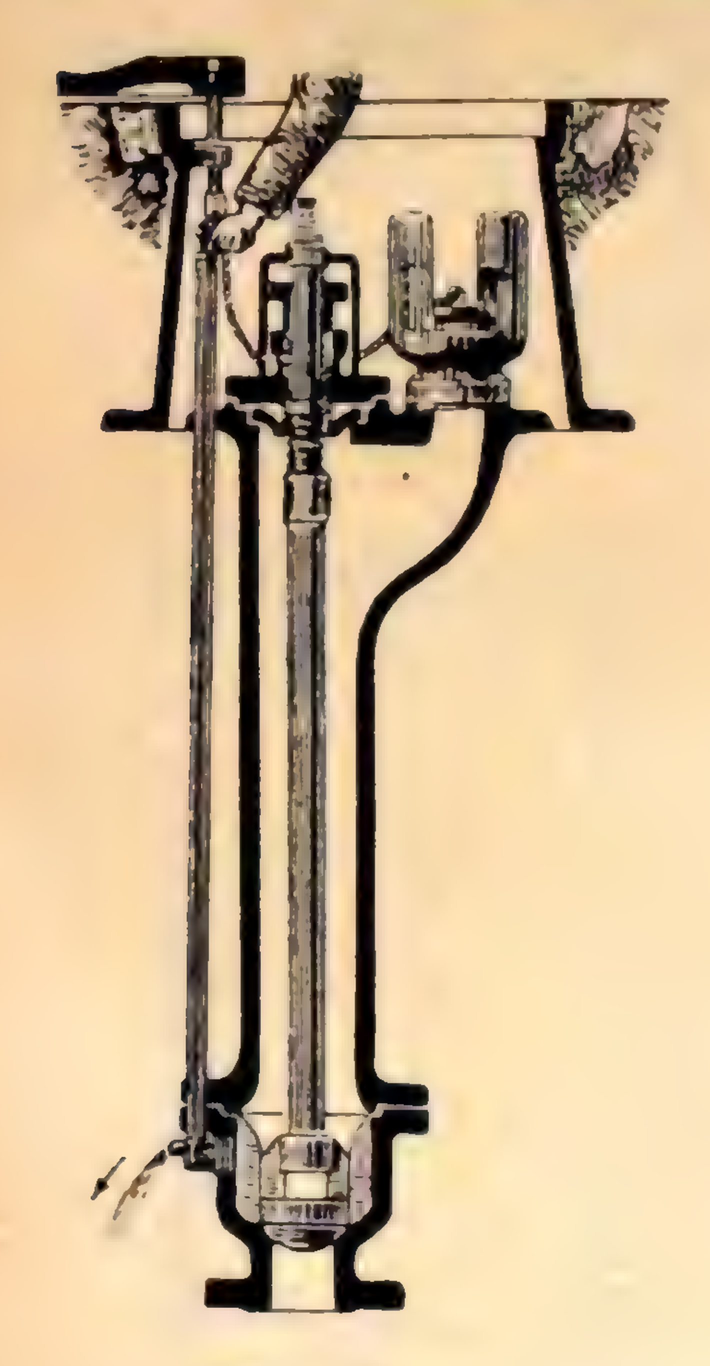
Простейшим и самым употребительным типом являются задвижки Лудло (черт. 100). Эта задвижка состоит из слегка конического чугунного щитка (с наклоном 1 : 10), поднимаемого в устроенную над ним чугунную коробку; плоскости соприкасания задвижки с трубой снабжены латунными кольцами. Строительная длина задвижки равна D (диам. трубы) $\div$ 200 *мм.*

Если желательно производить быстрые маневры по отпиранию и закрыванию задвижек, то стержень продолжается почти до уровня мостовой и устанавливается в фасонной трубе (черт. 101). Возможна, конечно, установка его и в колодце. В зданиях задвижки получают маховички. Из многочисленных типов пожарных кранов в условиях поселка желательно остановиться на наиболее практичной и недорогой конструкции, где был бы устроен простой отвод воды из гидранта, после его запирания, чем устраняется его замерзание. Этим условиям удовлетворяет тип пожарного крана, показанный на черт. 101, для пользования которым необходимо одиночный или двойной стендерт, закладываемый в приливы, к которому привинчиваются пожарные рукава (черт. 102).

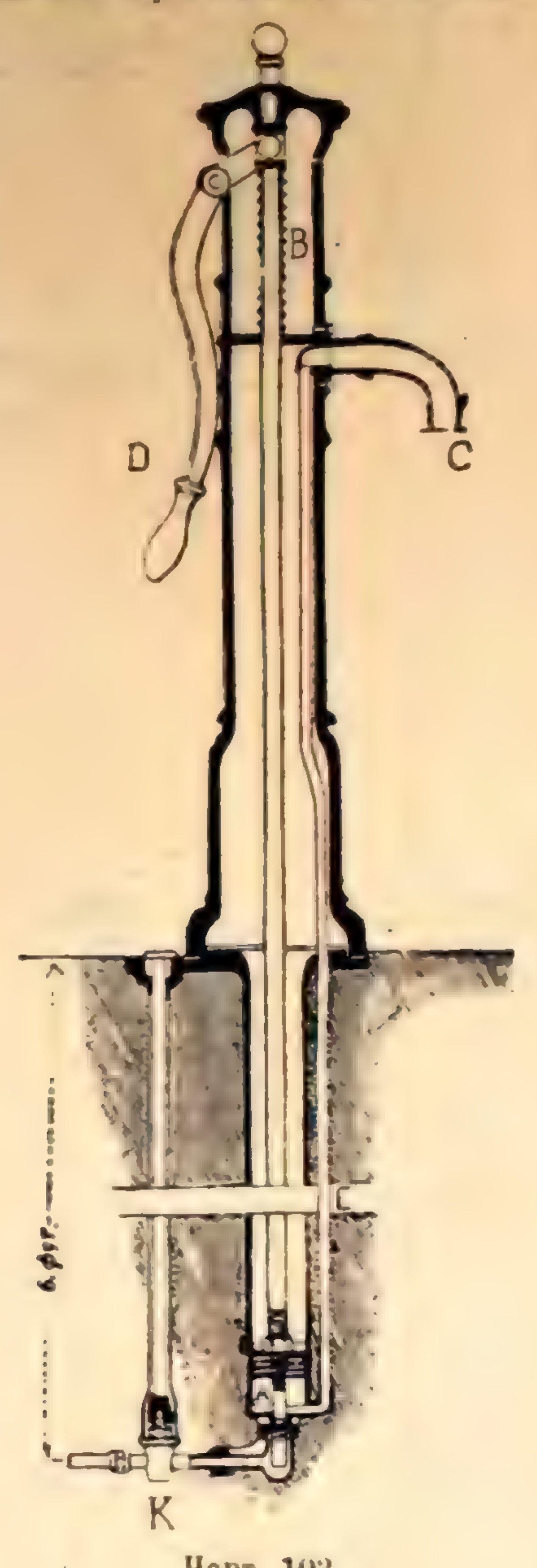

Черт. 101.

Здесь выпуск воды, остающейся в гидранте, совершается посредством небольшого бокового отверстия, закрываемого своим краником, устраиваемым сверху. Около выпуска воды из пожарного крана делается небольшая подсыпка из щебня или гравия для приема воды. Весь кран помещен в фасонном чугунном колодчике, запертом крышкой. Пожарные гидранты на улицах поселка устанавливаются на среднем расстоянии в 100 *м.* Их положение в сети отмечается дощечками на стенах ближайших зданий или уличных столбов. Пожарные гидранты устанавливаются или непосредственно у уличной магистрали или относятся к тротуарам. В летнее время эти пожарные краны могут быть использованы для поливки улиц.

В случае установки в поселке водоразборных кранов наиболее подходящим является тип, где отвод воды совершается посредством всасывающего цилиндра, воспринимающего воду из крана после прекращения его действия, по принципу собщающихся сосудов (черт. 103). Над трубой крана устанавливается чугунная колонка с рукояткой *D* и носиком *C* для разбора воды. Рукоятка *D* соединена с вертикальным трубчатым стержнем, несущим наверху пружину *B* (которая отжимает его вверх), и управляющим движением поршня в цилиндре *A*. При поднятии рукоятки *D*



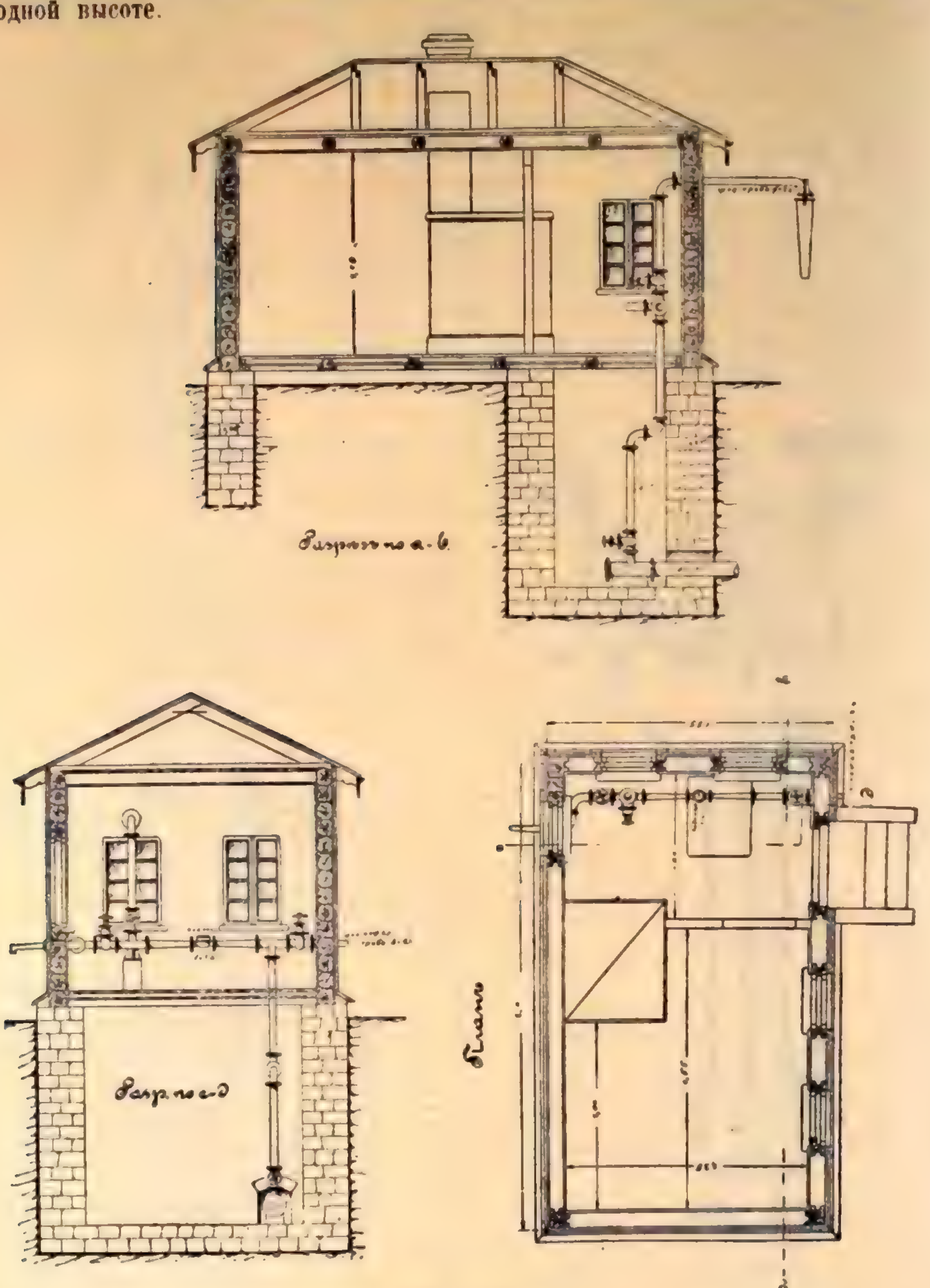
Черт. 102.



Черт. 103.

стержень опускает поршень, а вместе с ним опускается кольцо, закрывающее проход воды через трубу *E* к носику *C*; когда кольцо опустится ниже отверстий в стенках нижней трубки, то вода через эти отверстия проходит в трубку *E* и в носик *C*. После пользования рукоятка *D* опускается, тогда стержень вследствие действия пружины *B* возвращается в прежнее положение и приток воды прекращается. Тогда оставшаяся

в трубке E вода стекает в цилиндр A и устанавливается с ним на одной высоте.

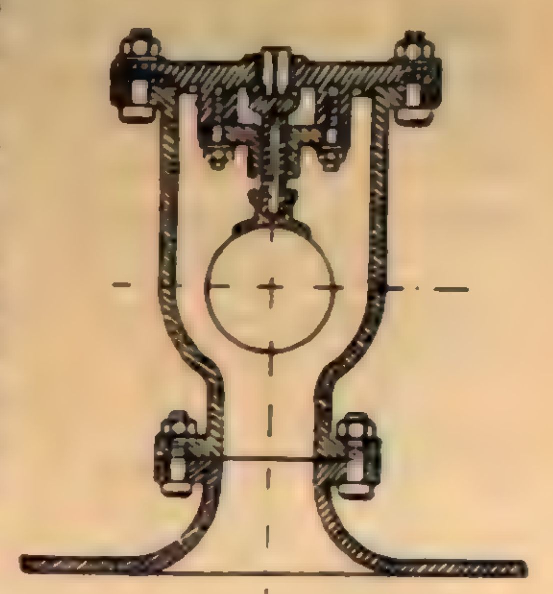


Черт. 104.

В случае экономических затруднений с проведением воды во все дома поселка, в таких районах, а также на торговых площадях устраиваются водоразборные будки.

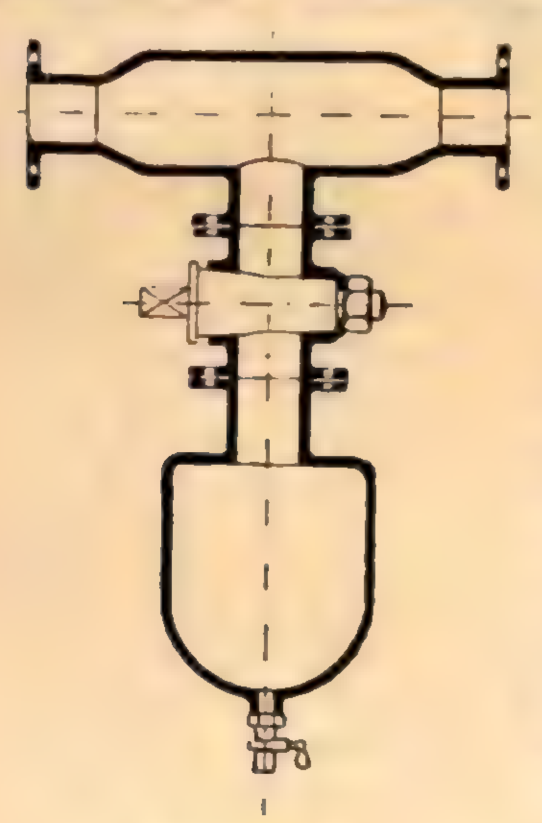
Простейший тип такой будки с комнатой для агента по отпуску воды показан на черт. 104.

Количество воды, отпускаемое через будку, контролируется обязательно водомером. На случай ремонта труб, находящихся в будке, в ней устроен колодезь, где установлена задвижка с маховичком. Из других приборов, необходимых, главным образом, для работы напорной линии нужны воздушные и осадочные вантузы. Воздушные вантузы устанавливаются в самых высоких пунктах напорной линии и служат для удаления из нее воздуха. Простейшая конструкция воздушного вантуза, устанавливаемого в колодцах, показана на черт. 105.



Черт. 105.

Действие воздушного вантуза заключается в следующем: когда скопляющийся в вантузе воздух приобретет такую упругость, что он отожмет несколько плавающий в нем деревянный шар, обитый резиной, тогда связанный с ним штифт откроет наверху его отверстие для выхода воздуха. После выхода воздуха шар всплывает и автоматически прикроет штифтом отверстие для выхода воздуха. Поэтому такие вантузы иногда называют автоматическими воздушными вантузами.



Черт. 106.

Осадочный вантуз (грязевик), имея своим назначением задерживать имеющиеся в питьевой воде примеси (достающиеся в небольшом количестве после ее очистки), устанавливается в самых низких точках напорных линий. В целях более интенсивного выделения осадков, в самых низких точках напорных линий по оси осадочных вантузов вставляются уширенные трубы, к которым первые непосредственно и прикрепляются (черт. 106). Самому осадочному вантузу придается грушевидная форма с целью легкого удаления из него осадков по трубе, снабженной краником, в устанавливаемое под ним ведро.

ГЛАВА XII.

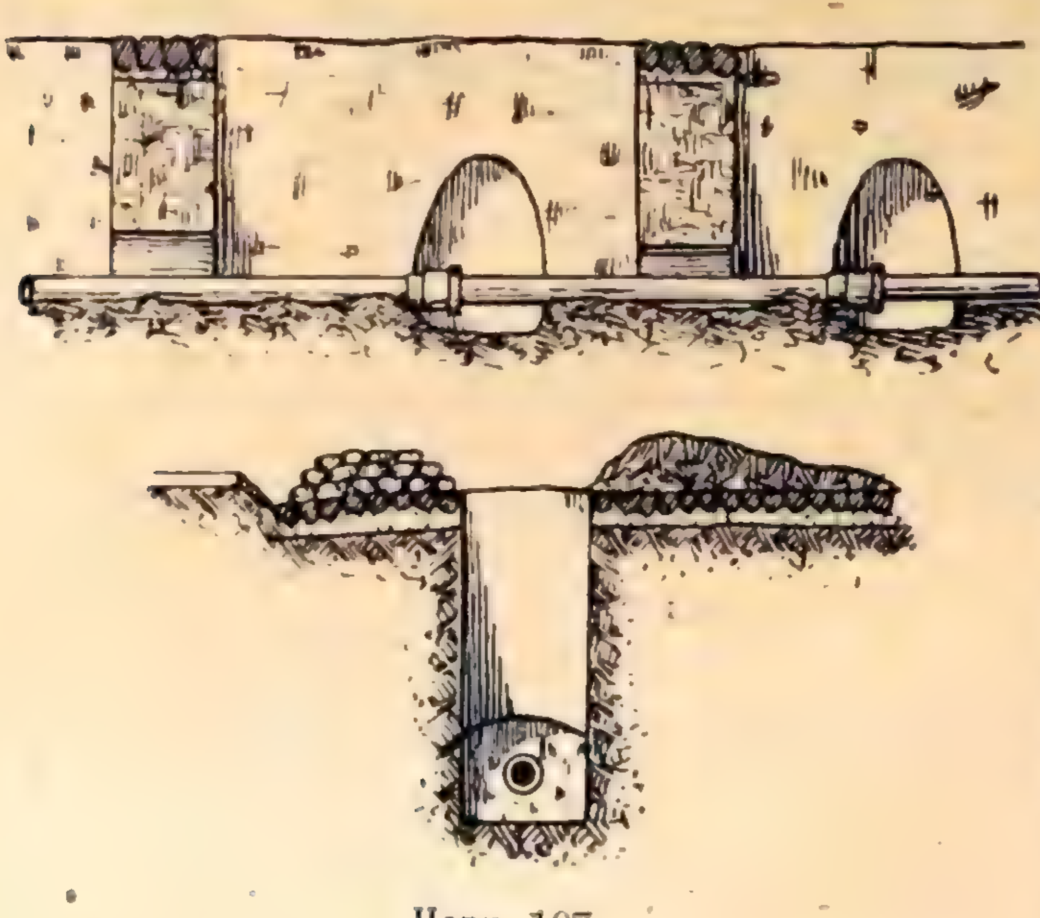
Производство работ по укладке труб и проверка прочности укладки. Водомеры.

§ 37. Производство работ по укладке труб. Проверка прочности укладки. При производстве работ по укладке труб в поселке нужно сначала решить вопрос, какого типа рвы для труб могут быть в нем устроены.

Если в поселке слабое уличное движение, то в нем возможно придавать любые откосы стенкам рва, выбирая их сообразно характеру грунта и глубине укладки. В таком случае нужно держаться тех же правил, которые были изложены нами выше в главе о всасывающих, самотечных и напорных линиях. Тем не менее в большинстве случаев прибегают к устройству вертикальных рвов.

При укладке труб в сыпучих грунтах укрепляют стенки рвов распорками и, в крайних случаях, прибегают к сплошной обделке досками.

Иногда, при устойчивых грунтах возможно в целях сокращения земляных работ оставлять на среднем расстоянии, 3,5 *м* поперечные земляные стенки (черт. 107). Здесь можно видеть, что земля из рвов складывается по одну сторону рва, а камни из мостовой по другую; для соединения раструбов труб оставляются небольшие углубления, подбиваемые по окончании работ щебнем. Раструбные соединения должны быть уложены в направлении, противоположном главному течению воды. При укладке труб в плывучих грунтах необходимо вести земляные работы во рвах с уклоном снизу вверх с тем, чтобы был постоянный сток воды из рвов. При отсутствии же уклона во рвах в плывучих грунтах приходится для заделки стыка делать небольшой ручной шпунт.



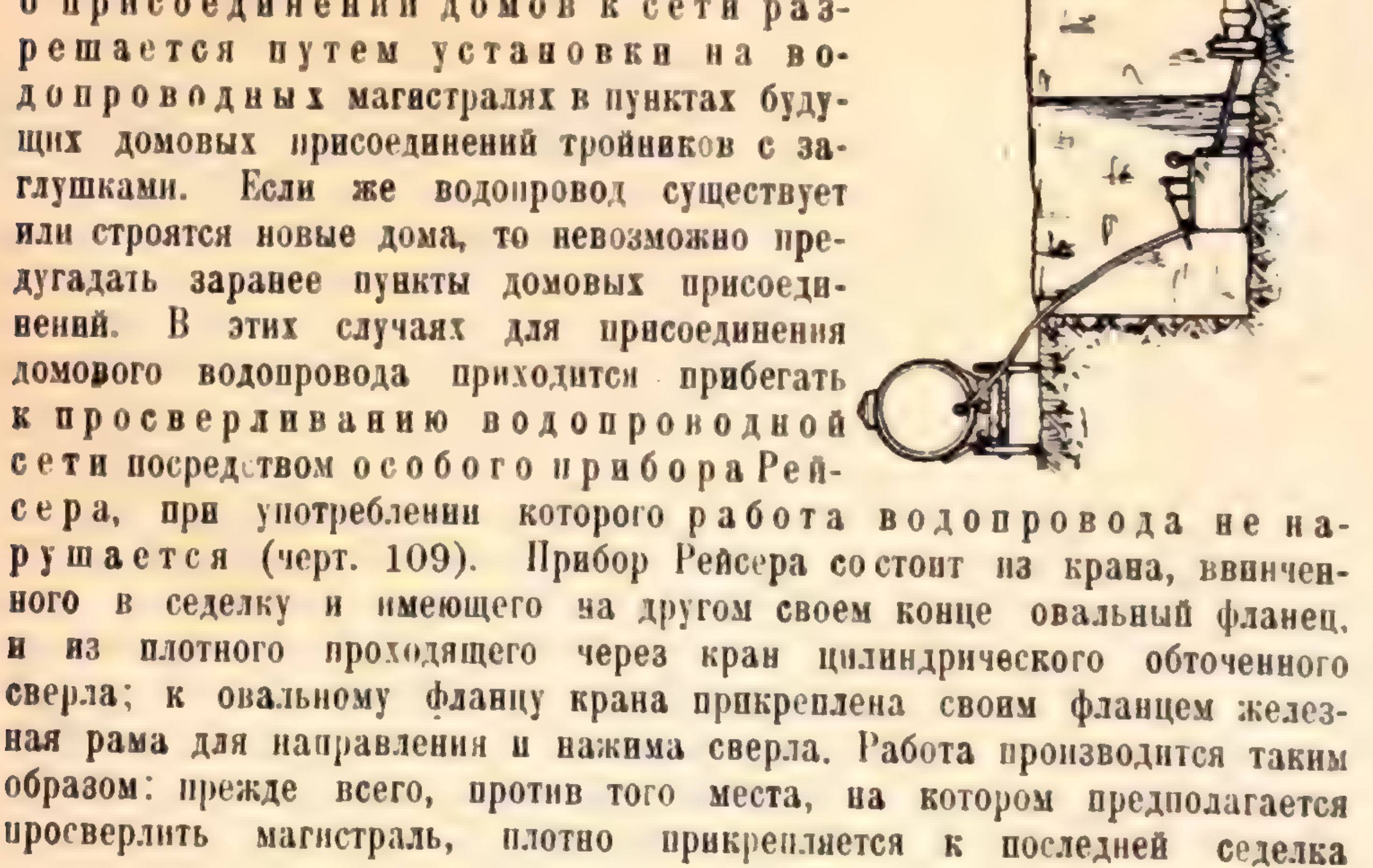
Черт. 107.

Ширина этих рвов для труб, укладываемых в поселках, делается в 0,70—0,85 *м*, а глубина выбирается сообразно широте места от 3,50 *м* (Архангельск) до 1 *м* (Одесса, Ялта); для средней полосы Союза будет достаточна глубина в 2,13 *м*. В поселке уличные трубы укладываются обыкновенно по середине улицы.

После укладки напорной линии и разводящей сети производятся испытания прочности трубных линий. Испытание трубных линий ведется участками, длина которых колеблется от 500 до 1000 *м*. Для этой цели на одном конце устанавливается заглушка, в которую входит трубка для нагнетания воды, производимого гидравлическим насосом с манометром, показывающим давление; другой конец испытуемой трубной линии также закрывается заглушкой. Обе заглушки (резиновые кружки) закрепляются в своих положениях

распорками, упертыми в стенки рвов. На основании этих соображений производство испытания может быть поставлено, согласно черт. 108.

Испытание в поселковых водопроводах должно производиться на двойное против рабочего гидравлического давления, если оно не превышает 5 атм.; при больших пределах, которые редко могут встретиться в поселковой практике, к рабочему давлению прибавляется 5 атм. (так, напр., для 6 атм. гидродинамическое давление будет равно 11 атм., и т. д.). Само испытание длится в течение 5—10 минут, при чем давление в манометре не должно падать более, чем на одну атмосферу. По окончании испытания открывается краник у дальней от насоса заглушки, вследствие чего имеющаяся под давлением вода испытуемой линии бьет фонтаном. Это служит указанием, что на всей испытуемой линии нет какой-либо тайной заделки стыков. Для производства этих испытаний приходится подвозить воду бочками. После окончания испытания производится засыпка рвов: слоями 0,30 *м*; в целях равномерной передачи давления грунта на трубу полезно делать засыпку песком над трубой на высоту 0,5—0,6 *м*.

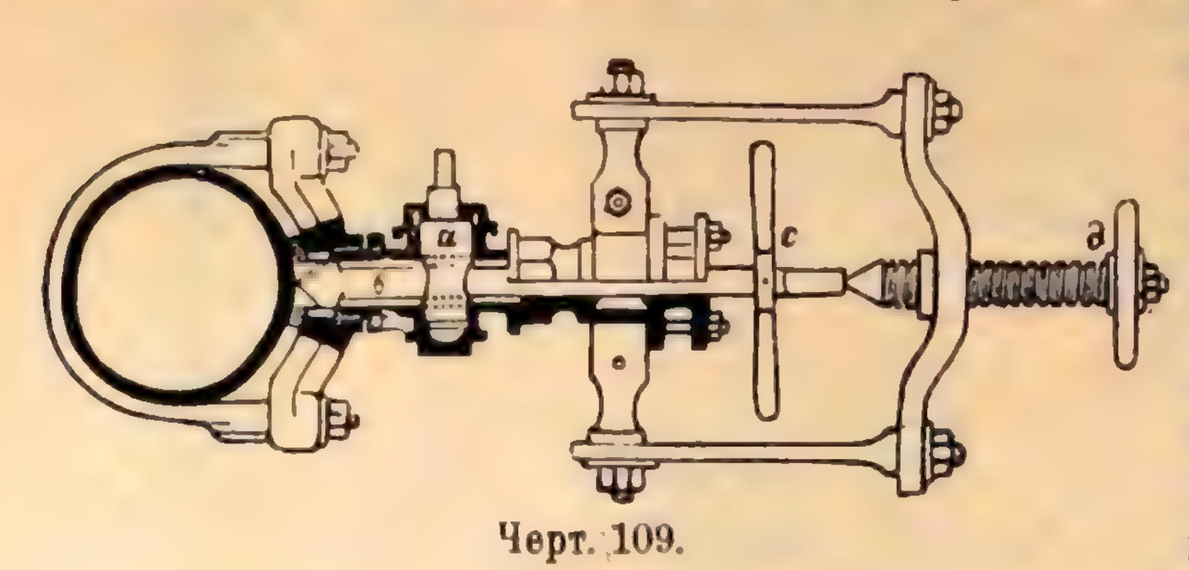


Черт. 108.

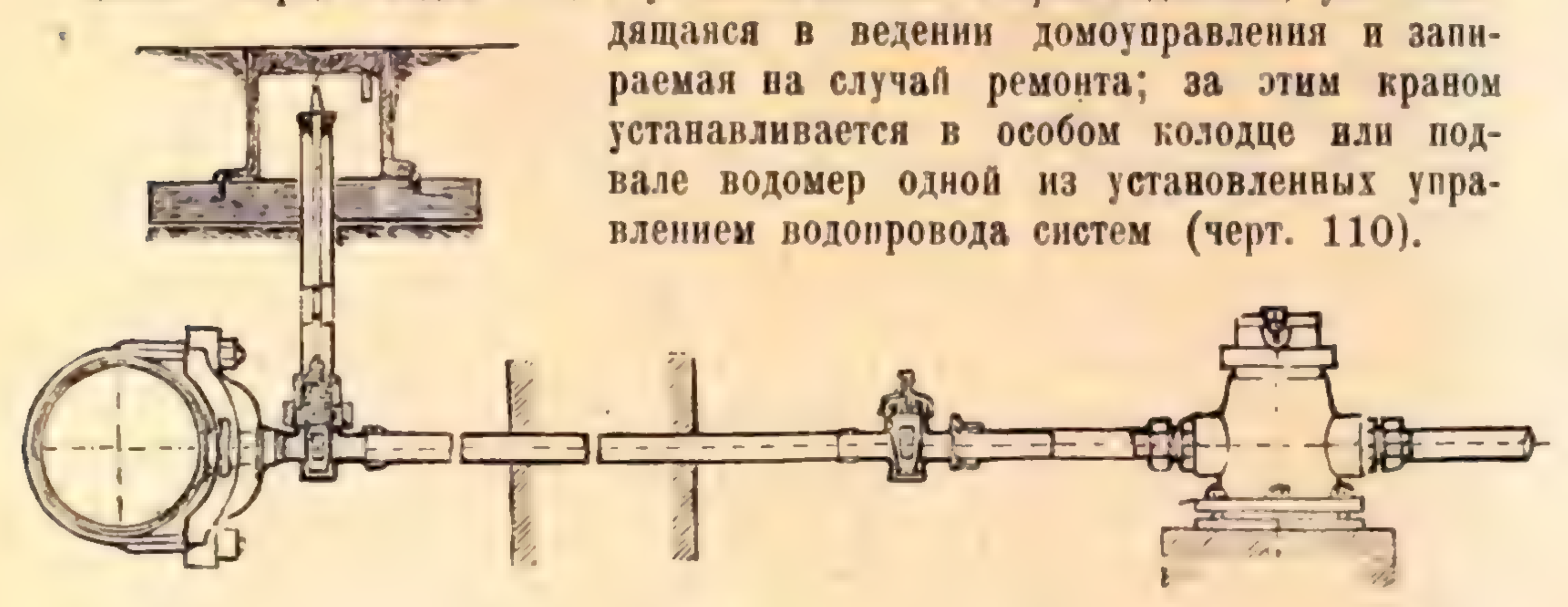
§ 38. Присоединение домов к уличной сети. Если вопровод строится одновременно с поселком, что, к сожалению, в нашей практике бывает очень редко, тогда вопрос о присоединении домов к сети разрешается путем установки на водопроводных магистралях в пунктах будущих домовых присоединений тройников с заглушками. Если же водопровод существует или строятся новые дома, то невозможно предугадать заранее пункты домовых присоединений. В этих случаях для присоединения домового водопровода приходится прибегать к просверливанию водопроводной сети посредством особого прибора Рейсера, при употреблении которого работа водопровода не нарушается (черт. 109). Прибор Рейсера состоит из крана, ввинченного в седелку и имеющего на другом своем конце овальный фланец, и из плотного проходящего через кран цилиндрического обточенного сверла; к овальному фланцу крана прикреплена своим фланцем железная рама для направления и нажима сверла. Работа производится таким образом: прежде всего, против того места, на котором предполагается просверлить магистраль, плотно прикрепляется к последней седелка

с ввинченным в нее краном, при чем под седелку необходимо проложить на магистраль кусок кожи, намазанной суриком. Сверло просовывается сквозь кран и зажимается сальником или другим способом так, чтобы вода не могла просачиваться.

Затем посредством трещотки и винта d высверливается дыра; тогда подвижное плечо колена отводится в сторону, сверло вытягивается на столько, чтобы кран можно было бы завернуть и остановить выход воды из магистрали. После того сверло вынимается совсем, сверлильный прибор отвертывается и домовый отвод прикрепляется к фланцу крана, отворив который пускают воду по трубе в дом. Непосредственно за присоединением домовой ветви к уличной магистрали устанавливается задвижка, находящаяся в ведении управления водопроводом для того, чтобы можно было выключить домовую ветвь в случае неплатежа денег жильцами дома. Перед входом в дом устанавливается вторая задвижка, уже находящаяся в ведении домоуправления и запираемая на случай ремонта; за этим краном устанавливается в особом колодце или подвале водомер одной из установленных управлением водопровода систем (черт. 110).



Черт. 109.


Черт. 110.

§ 39. **Водомеры. Станции для контроля водомеров.** Для измерения количеств протекающей по водопроводной сети воды употребляют водомеры. Различают центральные водомеры, измеряющие общее количество подаваемой воды в поселок и потому устанавливаемые на насосных станциях, и водомеры для измерения воды в каждом доме. Разность между показаниями центрального водомера и суммой показаний домовых водомеров дает нам определение количеств неучитываемой воды. Эта вода расходуется на поливку улиц и площадей, на общественные клозеты и писсуары, на тушение пожаров и пр.

Нормальное значение этой величины не превышает 5—10% от общего суточного расхода. Но если бы эта разность превосходила только что указанную норму, то это нам показало бы, что водопровод имеет утечку воды. Эта утечка воды может иметь место и в самой уличной сети, и в домовых ответвлениях. Обнаружение ее требует длительных осмотров домовых водопроводов и тщательной проверки работы водопроводной сети. Для центральных водомеров является наиболее подходящей по своей стоимости система парциальных водомеров проф. П. В. Ланге (черт. 111).

Идея этого водомера заключается в установке на магистрали трубы Вентури и обводной трубы с водомером одной из употребительных систем



Черт. 111.

(изобртателем ставились водомеры Мейнеке). Трубы обводной и главной трубы подбираются в известном отношении вследствие чего показания водомера на обводной трубе умножаются на коэффициент (3—4) для определения расхода.

Циферблат на обводной трубе составлен таким образом, что прочтенные на нем показания будут соответствовать расходу воды в магистрали.

Слабой стороной водомера Ланге является то, что ошибка в показаниях обводного водомера и определяемая в лучшем случае в ± 2% возрастает в несколько раз в зависимости от величины переводного коэффициента.

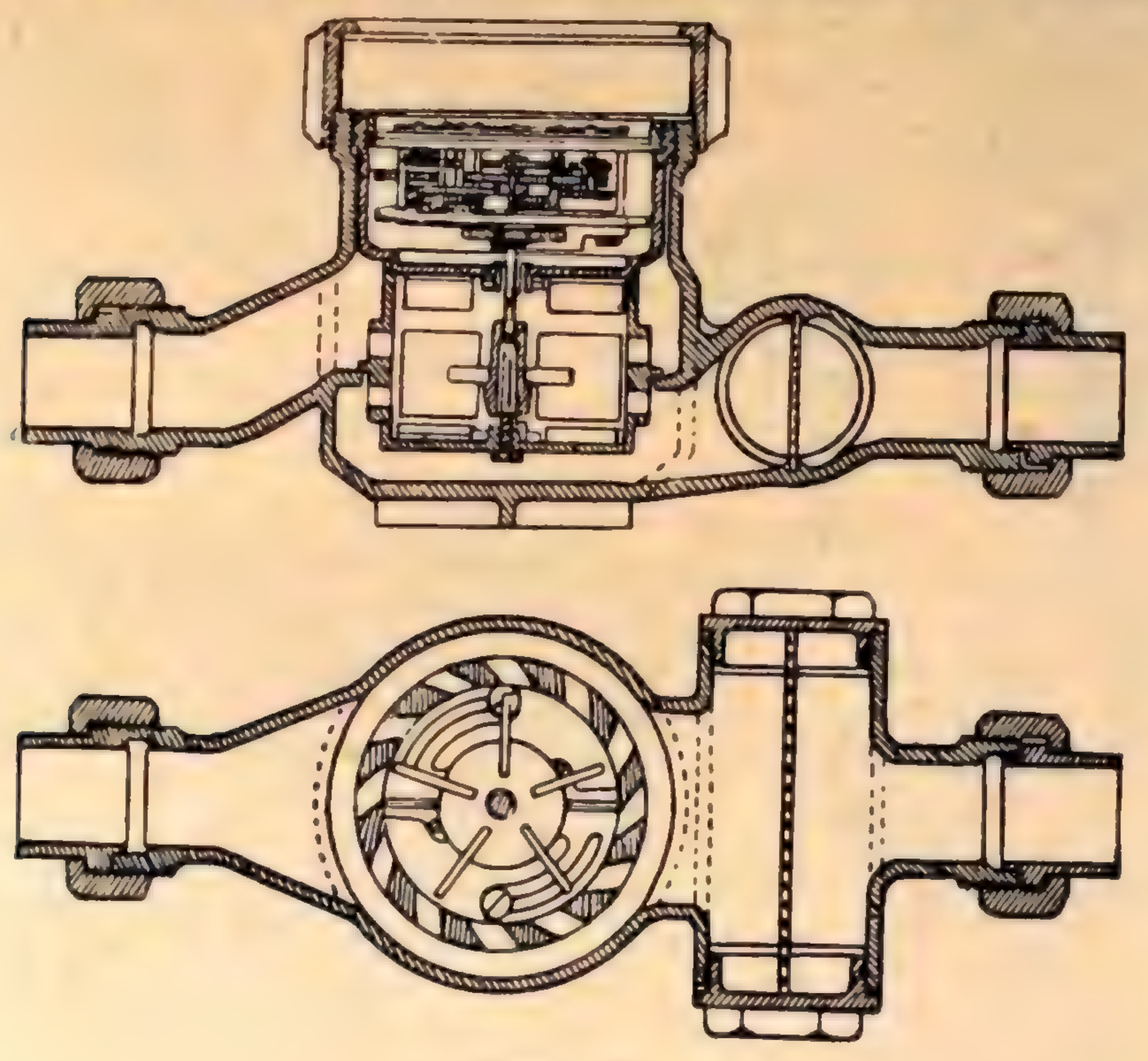
Поэтому иногда учитывают воду путем подсчета числа оборотов поршня или колеса в минуту, и оценке коэффициента насосного наполнения и определения емкости того резервуара, в который производится накачивание воды.

Из других центральных водомеров нужно еще упомянуть про водомеры Вольтмана и Вентури, но они по своей цене недоступны для поселковых водоснабжений.

Для измерения количеств воды, расходуемых в домах, употребляются небольшие водомеры различных конструкций, и в настоящее время изготовляемые на различных заводах СССР [Ленинград, завод „Большевик", (б. Обуховский), Москва, быв. акц. о-ва Водомеров. Киев, завод „Физико-химик" и пр.]. Для оценки типов водомеров необходимо знать их следующие свойства: чувствительность, точность, потерю напора воды при проходе чрез водомер и прочность. Чувствительность водомера определяется по тому наи-

меньшему расходу воды, при котором механизм водомера приходит в движение и начинает давать показания на счетчике. Таким количеством можно считать расход для большинства конструкций 40—45 л./час. Точность водомеров хороших фабрик определяется нормой ± 2% — ± 3%, но при условии протекания определенных количеств воды (примерно 160 л./мин.).

Потеря напора через водомер, зависящая от его конструкции и количества пропускаемой воды, может доходить до



Черт. 112.

величины в 10 *м* в час, если придерживаться немецких норм. Прочность водомера или, вернее, срок его службы зависит от умелого выбора материала для его частей, устраняющих их поломки, ржавчину и пр. и от установки перед ним защитной сетки. Для водомеров употребляют: латунь, никкель, бронзу, каучук и др.; для их цапф-агат колесики делаются из целлюлоида. Предельным сроком службы водомеров можно считать 10—15 лет.

Типы домовых водомеров могут быть разбиты на три группы:

1) об'емные, в которых измерение количества воды построено на измерении об'ема протекающей чрез него воды;

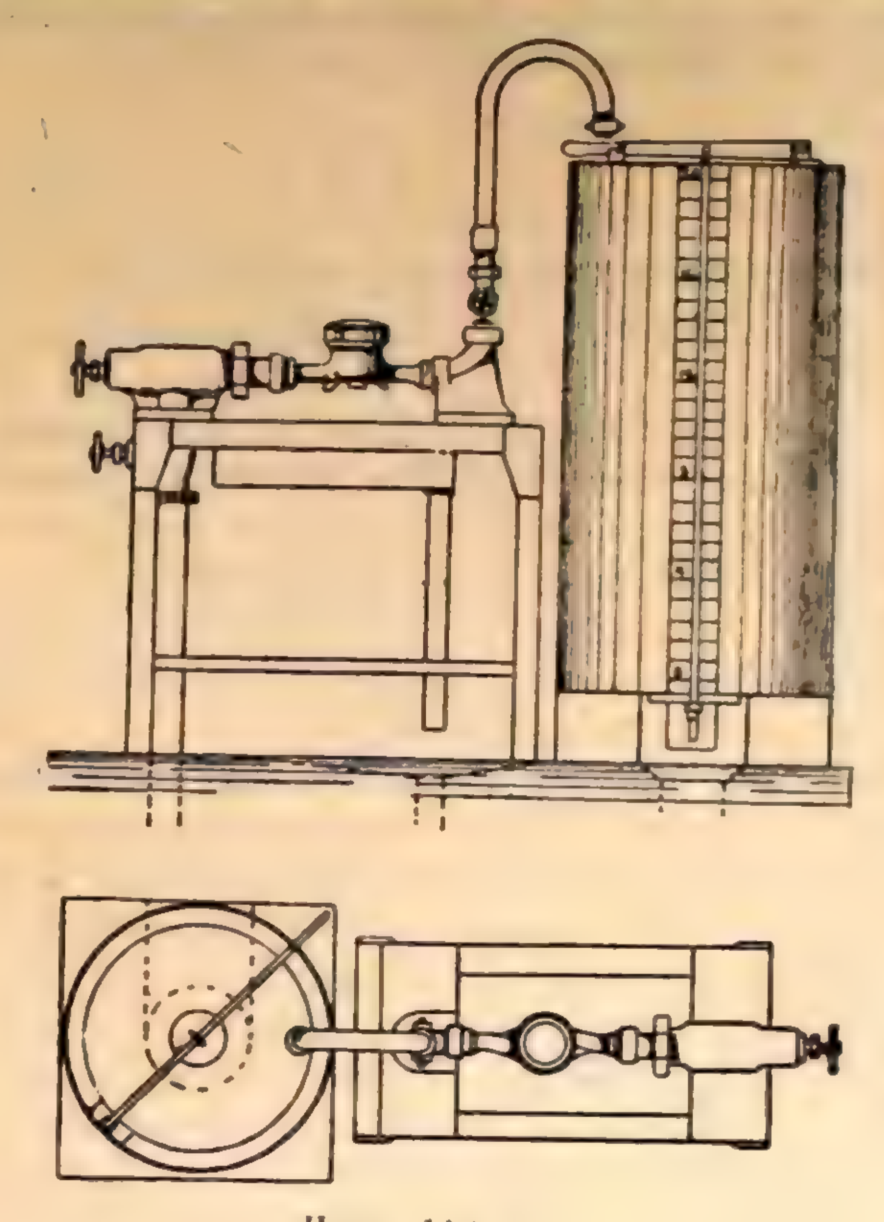
2) скоростные, в которых количество воды регистрируется по скорости вращения в нем небольшой турбинки, вызываемого протекающей чрез него воды;

3) дисковые, в которых измерение количества воды основано на вращении диска при протекании чрез него воды; некоторыми специ-

алистами они относятся к об'емным водомерам, так как при каждом колебании диска количества воды, равное об'ему камеры, вытекает из водомера.

Об'емные водомеры, являясь наиболее точными, но вследствие своей дороговизны недоступны для поселковых водопроводов (напр., система Фраже, Москва) и по той же причине выходят из употребления даже в крупных центрах, вследствие чего мы не будем останавливаться на их конструкции.

Из скоростных водомеров во многих городах СССР пользуются системой Сименса и Гальске (черт. 112). Здесь вращение целлюлоидной турбинки вокруг оси передается счетному часовому механизму; благодаря применению такого материала чувствительность и точность водомера вполне обеспечены. Для защиты водомера от осадков перед ним устроена сетчатая корзинка в виде мешка. К хорошим конструкциям скоростных водомеров принадлежит и водомер сист. Фаллера, употребляющийся на юге СССР.



Черт. 113.

Конструкций дисковых водомеров мы не приводим, так как они признаются в настоящее время специалистами неточными, вследствие быстрого снашивания их частей, в особенности, если воды содержат в себе какие-либо примеси (напр., Бердичев).

Для проверки показаний водомеров, которые при нормальных условиях делаются не менее раза в течение 1 — 3 лет, требуется в поселках устраивать небольшие станции для контроля водомеров (черт. 113).

Испытываемый водомер, установленный на столике, заключается в трубу, идущую в резервуар, снабженный мерной рейкой. Разница между показанием водомера и отсчетом по рейке установит степень точности водомера и решит вопрос о передаче его в мастерскую для ремонта.

Для определения потери напора в водомере перед ним и после него установлены диференциальные манометры. Мерный цилиндр снабжен спускной трубой, запертой краном.

Литературные источники:

1) **Инж. К. П. Карельских.** — О водомерах. Труды IX Водопроводного С'езда 1909 г.

2) **Clavs et Poinsard.** — Les compteurs d'eau, 1906.

3) **Ing. Imreker.** — Die Wasserversorgung der Staedte, 1914.

4) **Проф. Ю. В. Ланге.** — Метод измерения расхода воды в трубах значительных диаметров водомерами небольших калибров и пр. Труды I Южно-Русского Мелиорационного С'езда, 1911 г.

ГЛАВА XIII.

Эксплоатация водоснабжения. Строительная стоимость и эксплоатационные расходы.

§ 40. Эксплоатация водоснабжения. Эксплоатация водоснабжения сводится к наблюдению за правильностью работы отдельных водопроводных сооружений и к учету потребляемой воды. Надзор за сооружениями для добывания воды из источников водоснабжения заключается в прочистке самотечных труб (речные и озерные водоприемники) и в проверке дебета источников (ключевые и подземные воды).

Ответственной частью водоснабжения являются насосные станции, так как главную часть эксплоатационных расходов (около 40%) составляют расходы по под'ему воды. Поэтому, при их эксплоатации, тщательно контролируется работа двигателей и насосов и подсчитывается расход топлива. Все эти наблюдения заносятся в специальные журналы, где, кроме того, отмечается расход по смазке и ремонту машин. Здесь же на главных насосных станциях, поднимающих очищенную воду в поселок, ведется учет воды, подаваемой посредством водомеров.

Вследствие происходящих по временам разрывов в водопроводной сети, необходимо иметь при эксплоатации водопровода постоянную команду из 3 слесарей для быстрого исправления течи.

При эксплоатация очистных сооружений требуется особенное внимание за ходом их работы. Наилучшим разрешением этого вопроса является устройство небольшой химико-бактериологической лаборатории для производства ежедневных анализов очищенной воды. Резкие ухудшения состава очищенной воды могут нам дать определенные указания на необходимость ремонта фильтров. В сооружениях для уравнивания расходов воды требуются наблюдения за колебаниями уровня ее, благодаря чему можно урегулировать работу насосов. Далее, при эксплоатации сети необходимо периодически проверять работу пожарных кранов во время зимы, если они летом служат для поливки улиц и площадей.

Наконец, в целях наилучшего контроля за работой водоснабжения, следует вести полную статистику расхода воды по отдельным надобностям поселка. Такая статистика может вестись по следующим категориям: 1) питание частных домов, 2) питание общественных зданий, 3) поливка улиц и площадей, 4) поливка садов и парков,

5) промывка водосточных каналов, 6) тушение пожаров и проч. Помимо чисто эксплоатационных работ после открытия водопровода приходится постепенно присоединять новые здания к сети и прокладывать новые водопроводные линии. Все эти последующие расширения водопроводной сети, равно как и случаи ремонта сети, также должны заноситься в особые книги, разделенные на отделы по категориям, и пояснятьcя на планах сети.

§ 41. Строительная стоимость. Из приведенных выше соображений легко себе представить, что строительная стоимость поселковых водоснабжений подвержена значительным колебаниям в виду разнообразия обслуживающих ее факторов.

В самом деле, при одинаковых расстояниях источников водоснабжения от поселков всегда будут дешевле те водопроводы, где не приходится очищать воду. Также самотечные водопроводы обходятся дешевле напорных, не говоря уже о значительном сокращении расходов на топливо. Из этих двух примеров видно, что стоимость устройства водоснабжений поселков зависит, главным образом, от местных условий. Тем не менее можно при разумном проведении водопроводных устройств в жизнь добиться значительного сокращения строительных расходов. Так, следует некоторые части водоснабжения (насосные станции, очистные сооружения) устраивать только для того населения поселка, которое будет в нем через 5—6 лет. Но при этом общее расположение этих сооружений должно быть таково, чтобы будущее расширение водопроводных сооружений не вызвало ломки существующих построек. Средняя строительная стоимость водоснабжения может быть исчислена или на 1 суточный *куб. м.*, или на 1 жителя поселка. Эти цифровые данные очень колеблются в зависимости от количества потребляемой воды или от количества жителей. Здесь можно только сказать, что чем больше жителей в поселке и чем больше потребляют они воды, тем эти экономические коэффициенты будут ниже.

Основываясь на данных анкеты Постоянного Бюро Русских Водопроводных С'ездов, можно принять, что строительные расходы могут быть исчислены на 1 жителя от 2 до 15 рублей по довоенным ценам.

§ 42. Эксплоатационные расходы. Расходы по эксплоатации водоснабжения зависят, главным образом, от того, имеются ли в нем очистные сооружения и насосные станции, и от условий погашений займа на сооружение водопровода. По данным той же анкеты эксплоатационные расходы на суточный *куб. м* в год колеблются от 6 коп. (Мензелинск) до 90 коп. (Железноводск) по довоенным ценам.

Эксплоатационными расходами фиксируется себестоимость водопроводной воды, которая в русских городах колеблется от 2 коп. (Сызрань) до 1 руб. 45 коп. (Красноводск) за 1 *куб. м* по довоенным ценам.

ОТДЕЛ II.

Канализация.

ГЛАВА XIV.

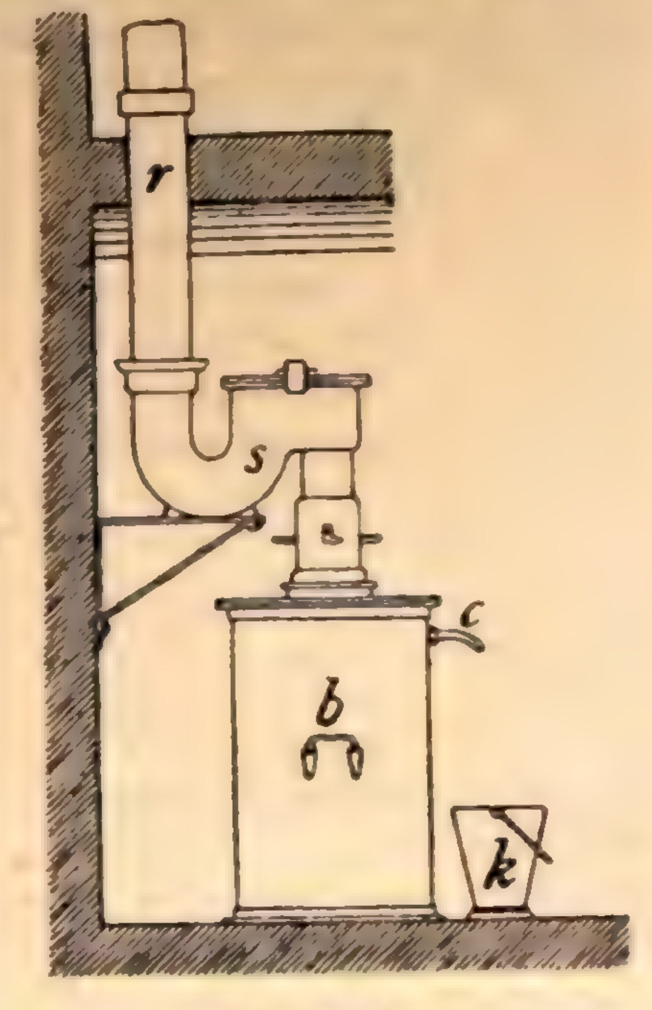
Системы канализации, изыскания для ее устройства и определение количества сточных вод.

§ 43. Системы канализации поселков. Удаление сточных вод из домов может быть произведено или путем устройства на дворах выгребов, или путем устройства сети подземных каналов, отводящих сточные воды поселка за его пределы. Первый способ является недопустимым с санитарной точки зрения в поселках, которые устраиваются под эгидой создания наиболее гигиенических условий населения. Никакие выгреба, не исключая и широко рекламируемых „самодействующих выгребов Шамбо“, не защищают почвы от загрязнений, а, следовательно и от появлений в поселке эпидемических болезней. Помимо этого, вывоз нечистот из выгребов на значительные расстояния обходится дороже расходов по эксплоатации канализации.

Если же пришлось бы устраивать канализацию в городе-саде, т.-е. в поселке с редкой застройкой, то на практике, в особенности, при отсутствии ванн в домах, встретились бы огромные затруднения при сплаве сточных вод по подземным каналам, так как в этом случае слишком мало бы было вод для получения в водостоках скорости движения, необходимой для самоочищения сети. Поэтому, в этом случае пришлось бы прибегнуть к устройству выгребов с тем, чтобы допустить в каналах меньшую скорость. Но, во избежание загрязнения почвы следовало бы устраивать только подвижные выгреба (Гейдельбергская система), которые в условиях поселка могут быть устроены в виде цилиндрических чанов. Эти чаны должны по санитарным соображениям удовлетворять следующим условиям: 1) чаны должны быть устроены из непроницаемого материала, допускающего тщательную пригонку отдельных частей; 2) соединение чанов с фановыми трубами (отводящими экскременты из клозетов) должно быть сделано тщательно; 3) отверстие чанов должно быть заперто крышкой, непропу-

скающей воздуха, 4) чаны должны допускать их тщательную очистку после опорожнения.

Тип железного чана-выгреба показан на черт. 114, где показано детальное соединение его с фановой трубой *r* посредством сифона *S*. Размеры чанов: диаметр 40—45 *см* и высота 80—90 *см*; емкость 100—110 лит.; вес netto 35—45 *кг* и brutto 135—150 *кг*. На случай переполнения чана, в его верхней части устроена сливная трубка *C*, откуда нечистоты попадают в ведро *K*. Применение таких чанов требует постройки зданий в поселках таким образом, чтобы в их подвалах были бы сделаны специальные помещения. В поселковых условиях содержимое чанов может быть утилизировано для удобрения огородов, для чего в каждом доме должно быть не менее 2 чанов (сменная система).



Черт. 114.

Но в поселках со сплошной застройкой будет нужна канализация, т. е. устройство сети подземных труб, отводящих сточные воды за пределы поселка до начала в них процессов разложения, подвергающиеся в выбранном для этого пункте специальной очистке.

Различают четыре основные системы канализации: общесплавную, полную раздельную, неполную раздельную и полураздельную.

По общесплавной системе устраивается одна сеть водосточных каналов, которая принимает все отработавшие воды поселкового водопровода и все атмосферные воды. При полной раздельной системе устраиваются две сети каналов: одна для домовых вод, а другая для дождевых вод Неполная раздельная система требует устройства только одной сети каналов для домовых вод. Полураздельная система имеет две сети каналов, которые устроены таким образом, что в одной протекают домовые и дождевые воды, а в другой только воды ливней. Не требует никакого доказательства, что с экономической точки зрения наиболее дешевой будет неполная раздельная система, и самой дорогой полная раздельная система. Общесплавная система занимает среднее место между этими системами, а полураздельная по своей стоимости близко подойдет к полной раздельной.

С санитарной точки зрения необходимо отводить все грязные воды, так как дождевые воды при протекании по улицам легко загрязняются уличными отбросами, а, следовательно, и содержащимися в них микроорганизмами. Поэтому, с этой точки зрения неполная раздельная система уступает всем остальным системам канализации, но, принимая во внимание, с одной стороны, непосильность

применения других систем канализации, где помимо расходов по устройству сети приходится нести расходы по устройству очистных сооружений, а с другой стороны, что в образцово спланированном поселке устройство и содержание улиц и тротуаров будет поставлено на надлежащей высоте,— нельзя не признать, что наиболее подходящей для канализации поселков будет неполная раздельная сплавная система. Эта система канализации в настоящее время распространена во многих городах и поселках Англии, а за последнее время и у нас в России. Так, по раздельной системе у нас канализированы: Москва, Ростов-на-Дону, Харьков, Детское Село, Ялта, Троцк, Киев, Севастополь и друг. Останавливаясь, таким образом, на неполной раздельной системе для поселков, мы в дальнейшем все свои рассуждения будем относить к этой системе канализации.

§ 44. Изыскания. Перед составлением проекта канализации поселка также необходимо произвести тщательные и разнородные изыскания для получения всех необходимых данных. Помимо топографических изысканий на территории поселка, необходимых и для проекта водоснабжения, следует произвести еще с'емки той местности, где предполагается построить очистную станцию и той полосы, по которой пройдет главный коллектор, отводящий все сточные воды поселка. Затем следует произвести гидротехнические изыскания, т.-е. изучить режим того водного протока, в который предполагается, после их очистки спускать сточные воды поселка, установить горизонты самых низких, меженних и самых высоких вод, скорости и направления течения, расходы воды при этих горизонтах, горизонты ледохода и ледостава, толщину льда и продолжительность периода замерзания. Эти сведения можно получить самостоятельно или же из ближайших гидрометрических станций б. Округов Водных Путей Сообщения.

Если выпуск сточных вод приморского поселка предположен в море без всякой очистки воды, то необходимо, для помещения устья канализационной сети, тщательно исследовать ту часть моря, где уже замечаются течения, относящие морскую воду от поселка. Далее, следует собрать метеорологические данные, т.-е. сведения о количестве и интенсивности атмосферных осадков и о распределении их в течение года, за 20—40 лет.

Эти сведения, получаемые с ближайших метеорологических станций, являются очень важными в случае необходимости отводить и дождевые воды. Весьма серьезное значение имеют и геологические изыскания, которые должны нам дать сведения о роде грунтов, уровнях и направлениях течения грунтовых вод; сообразно этим данным намечается наивыгоднейшее расположение водосточных каналов и других канализационных сооружений.

Далее, следует произвести химические, бактериологические и биологические исследования того протока, в который намечается спуск сточных вод поселка. Этими исследованиями устанавливается самоочистительная способность водных притоков, что имеет огромное значение для выбора наилучшего способа очистки сточных вод.

Если мы имеем дело с очень большими реками (Днепром, Волгой), то в этих исследованиях нет надобности, так как с практической

точки зрения сточные воды поселков, в количестве 500—2000 *куб. м*, в сутки не в состоянии оказать серьезного влияния на загрязнения реки.

§ 45. Определение количества сточных вод. В II главе приведены все данные для определения количества воды, потребного для водоснабжения поселка. Это же количество может быть принято и для определения количеств сточных вод в поселке. Но лучше к этой водопроводной норме прибавить еще 25 литров на человека в сутки, чтобы тем самым покрыть наблюдающуюся в действительности прибавку на спуск в неполную раздельную систему воды, из дворовых колодцев и дождевых лотков; такие явления имеют особенное значение для поселков с пересеченным рельефом, где спуск с вышележащих дворовых владений может быть произведен только через нижележащие усадьбы. Кроме того, можно ожидать, что при устройстве канализации в поселках, в слоях почвы которых имеются грунтовые воды, некоторое количество попадет в водосточную сеть, в особенности, если сами канализационные работы будут произведены без надлежащего надзора или стыки водосточных линий будут пропускать воду. Это количество может быть по данным русской практики принято в 25—30 литров на человека в сутки и должно быть присоединено к общему суточному расходу на жителя. После определения общего расхода воды поселка нужно установить расчетный секундный расход для водосточной сети q_0. В этом случае он также может считаться в два раза больше среднего. Тогда, q_0 по формуле (1) $q_0 = \frac{Q}{43.200}$. Расход в начальных ветвях водосточной сети называется попутным, а по мере слияния водосточных труб он должен быть прибавлен к ниже текущему расходу воды, превращаясь тогда в транзитный. Это станет ясным при сгруппировании всех расчетных данных в следующую таблицу № 10.

Таблица № 10.

№№ по пор.	Площади стока в гектарах или кв. мет.—Расходы в лит или куб. метр.					Примечание
	№№ площадей.	Кв. содержание.	Попутный	Транзитн.	Расчет.	

Литературные источники.

Основными источниками для 2-й части являются сочинения профессора В. Ф. Иванова: Канализация населенных мест, 2 изд. 1926 г. и его же Очистка городских сточных вод, 1914 г. Только в специальных случаях нами будут указаны дополнительно соответственные произведения, затрагивающие какие-либо незатронутые в них вопросы.

ГЛАВА XV.

Общие понятия о канализации и проектирование сети.

§ 46. Общие понятия о канализации. Всякая канализационная сеть состоит из ряда последовательно соединяющихся друг с другом подземных каналов, называемых в канализационной технике коллекторами. Обыкновенно различают главные коллектора, собирающие сточные воды со всей площади поселка и второстепенные коллектора, которые отводят собранные ими сточные воды в главные коллектора.

Чем больше площадь поселка и чем пересеченнее его поверхность, тем сильнее у него должна быть развита как вся канализационная сеть, так и сеть главных коллекторов. Канализационная сеть должна отводить сточные воды поселка к очистным сооружениям, расположенным, обыкновенно, поблизости к водным протокам, в которые и спускаются уже очищенные сточные воды по особым каналам, образующим устье канализационной сети.

Те главные коллектора, которые отводят сточные воды за пределы поселка к очистным сооружениям, называются отводными коллекторами; они могут отводить воду или самотеком (самотечные отводные коллектора) или по ним воды перекачиваются насосами (напорные отводные коллектора). Таким образом, устройство канализации, по большей части сводится к сооружению: a) канализационной сети с относящимися к ней сооружениями; b) отводных коллекторов; c) очистных сооружений; d) устья сети. К этим сооружениям следует еще присоединить и насосные станции, если приходится прибегать к под'ему сточных вод.

§ 47. Приемы по начертанию канализационной сети. На начертание канализационной сети влияет столько различных факторов, что на ниже приводимые приемы следует смотреть только как на самые общие указания. Прежде всего нужно отметить, что на начертание канализационной сети влияет выбор места для очистных сооружений и устья сети. Так как все сточные воды поселка скопляются в одном пункте, где и подвергаются очистке перед выпуском в водные протоки, то, разумеется, вся сеть коллекторов должна быть направлена к этому пункту; на начертании сети, независимо от применения системы канализации, отражаются топографические условия местности. Всегда представляется экономически выгодным использование уклонов местности, т.-е. уклоны труб и каналов должны следовать за уклонами улиц, так как при соблюдении этого правила сокращается общий об'ем земляных работ.

При разработке начертания сети по сплавным системам обыкновенно начинают с определения числа канализационных бассейнов, границами для которых являются водоразделы местности (черт. 115). Линия тальвега в бассейне указывает на

желательное направление коллектора каждого канализационного бассейна, затем по начертанию главных коллекторов бассейнов их сводят обыкновенно в известные системы, заканчивающимися уже одним или несколькими отводными коллекторами. Понятно, что в виду различия местных условий расположение главных коллекторов может быть весьма разнообразно, но тем не менее представляется существенным рассмотреть различные схемы их расположения, чаще всего встречающиеся в канализационных сетях городов.



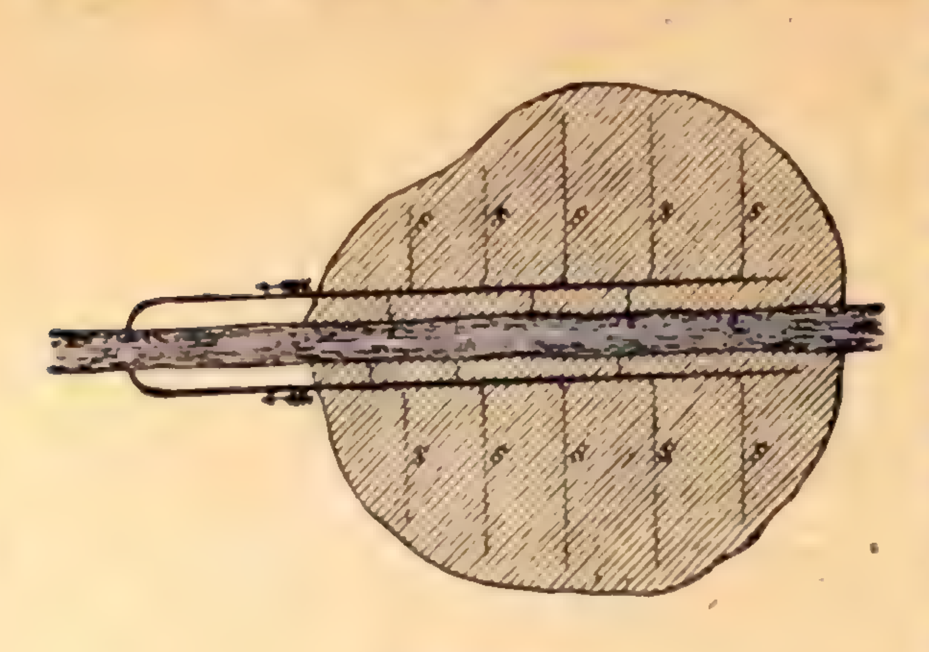
Черт. 115.

Самой простой схемой расположения главных коллекторов является схема перпендикулярная; по этой схеме в поселке, имеющем общий скат к реке, все коллектора $s - s$ трассируются по направлениям, близким к перпендикулярным в водный проток поселка. Прежде до сознания вреда, получающегося от загрязнения водных протоков, эта схема была весьма употребительна для общесплавной системы, по которой в то время был канализирован ряд городов западной Европы (Лион, Будапешт, Вена, Зальцбург).

Впоследствии же после работ английской комиссии о загрязнении рек, эта схема, как дающая загрязнение водных протоков в пределах города, была признана негодной для отвода домовых вод и была вытеснена новой пересечной схемой (черт. 116).

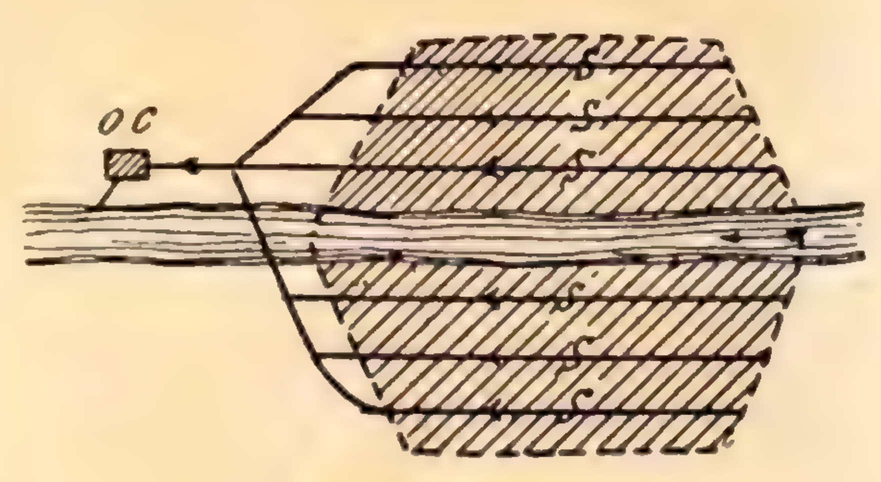
Являясь, как бы поправкой к перпендикулярной схеме, пересечная схема в настоящее время применяется, и как самостоятельная схема, во многих иностранных и русских городах (Киев, Самара, Сталинград, Пятигорск, Лондон, Дрезден и друг.). Однако, ее не следует применять, если

главный пересечный коллектор лежит очень глубоко на берегу реки, так как тогда приходится вести работы в слабом грунте, сильно пропитанном речной водой; если же это неизбежно, то необходимо стремиться к тому, чтобы главный пересечный коллектор лежал выше линии наибольшего под'ема весенних вод. Также представляется неудобным применять пересечную схему в городах с крутым рельефом местности, направленным к реке; в этом случае приходится перпендикулярным коллекторам *ss* или придавать уклоны, дающие скорость, опасную для прочности каналов, или же устраивать целый ряд добавочных сооружений — перепадных колодцев для смягчения естественных уклонов местности. Для таких городов выгоднее применять параллельную или веерную схему (черт. 117).



Черт. 116.

По этой схеме город пересекается рядом коллекторов *ss* или параллельных друг другу или идущих под некоторым углом, которые обхватываются главными отводными коллекторами города. Если падение реки велико или вода в ней подперта плотиной, то эта схема, является удобной для промывки слепых концов сети. Если в городе нет реки, то она заменяется для этой схемы диаметрально проведенным коллектором. Веерная система применена в городах: Брюсселе, Радоме, Висбадене, Париже, Риге, Дортмунде, Бреславле и пр. и вообще является одной из самых употребительных схем расположения главных коллекторов.

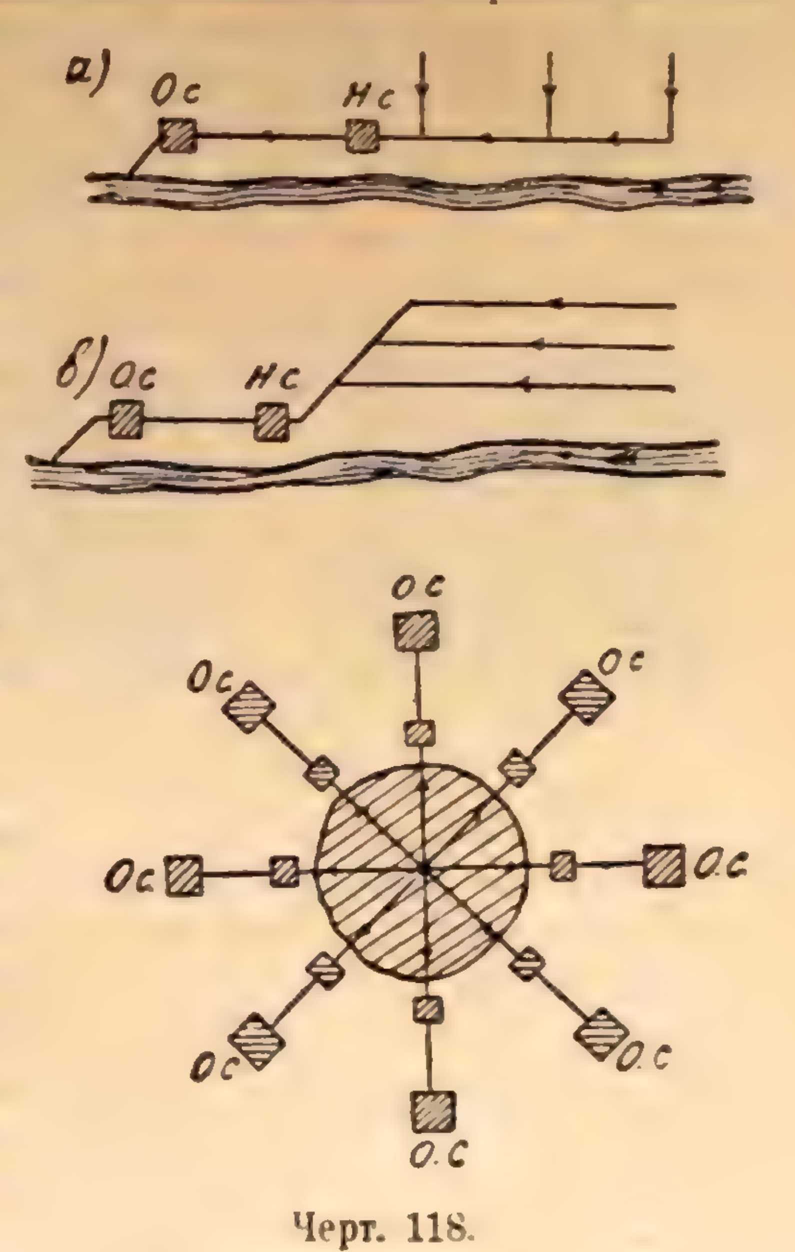


Черт. 117.

Положение устья сети или очистной станции оказывает также серьезное влияние на схему канализационных коллекторов, так как их положение является почти независимым от сети, а лишь от местных условий (уровней горизонтов воды в протоке, отметок местности, выбранной для очистной станции). В этом случае нередко приходится прибегать к устройству станции для перекачки сточных вод на полях орошения; тогда пересечная веерная и радиальная схемы примут следующий вид (черт. 118). По такому способу устроена канализация Москвы и Одессы.

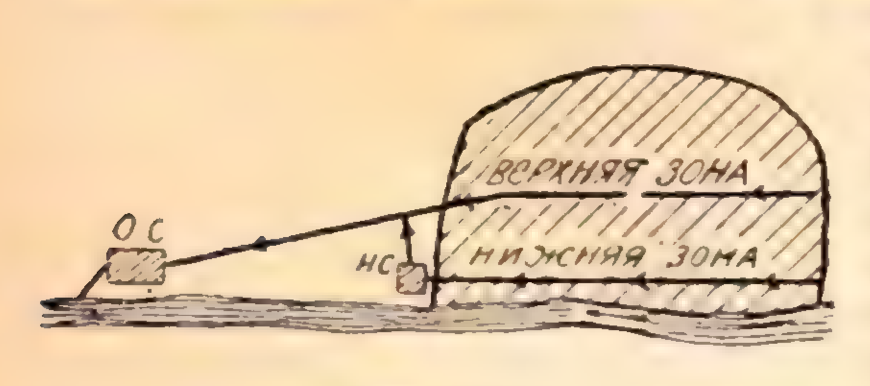
Но в таком виде встречается применение только для радиальной схемы. Для пересечной же и веерной такое начертание является невы-

годным, так как здесь поднимались бы все сточные воды города. В этом случае лучше разделить город на зоны и каждую канализировать самостоятельно (черт. 119). При разделении города на 2 зоны границы верхней зоны намечаются разностью отметок коллекторов и очистных станций, позволяющей спустить все воды зоны самотеком на очистную станцию; нижняя зона может иметь свою насосную станцию, перекачивающую свои воды или в коллектор верхней зоны или же непосредственно на очистные сооружения. Такая система расположения коллекторов называется поясной или зонной; число зон в построенных канализациях не встречается более 3. Воды верхней зоны иногда утилизируются для промывки каналов нижней зоны.



Черт. 118.

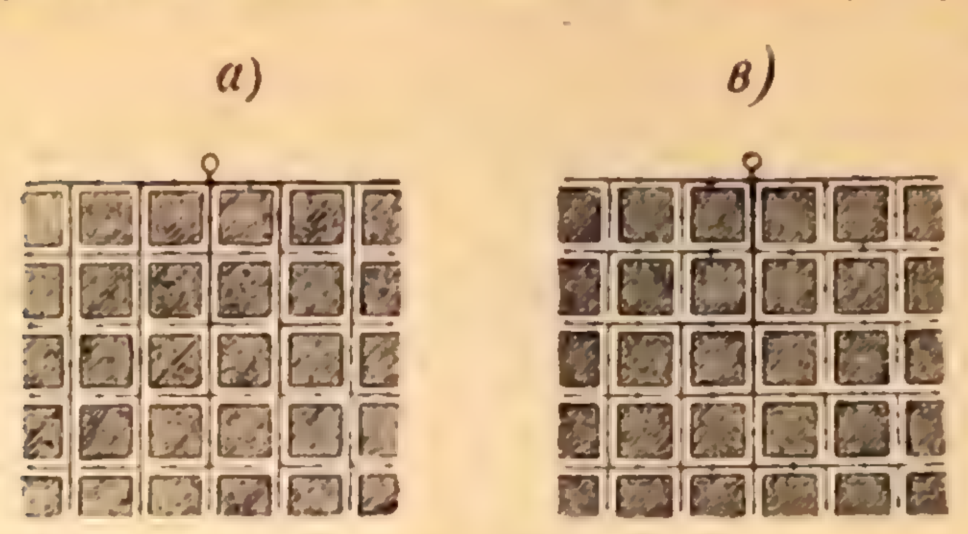
Поясная (зонная) схема встречается в канализационных сетях многих городов: Екатеринослава, Варшавы, Неаполя, Стокгольма, Мюнхена, Франкфурта-на-Майне, Кельне и др. При применении зонной схемы каждая зона может иметь свою систему канализации, например: верхняя — общесплавную, а нижняя, как подверженная затоплению весенними водами, полную раздельную систему (Дрезден). В некоторых случаях приходится выделить только отдельные плоские части города, применяя к ним перекачку, а остальные части канализировать самотеком. Пример подобного устройства представляет из себя неполная раздельная сплавная канализация гор. Киева, где для канализации плоской части города, Подола, подверженной затоплению весенними водами р. Днепра, приходится прибегать к перекачке.



Черт. 119.

На самом деле пересечные схемы расположения коллекторов не всегда могут быть резко намечены при разработке проекта сети, так как начертанию могут помешать неправильно расположенные улицы, водные протоки, овраги, большие колебания в отметках рельефа города и т. п. Поэтому существующее расположение коллекторов имеет в действительности более сложное начертание, чем даваемое рассмотренными нами схемами.

При выработке направлений для главных коллекторов в некоторых случаях не удается использовать естественные уклоны местности. Так, например, если главный коллектор, следуя уклону местности, должен проходить по узкой улице, то этого не следует делать, так как *производство работ весьма затрудняло бы уличное движение*. Также нередко препятствуют рациональному начертанию коллекторов проходящие через город железные дороги, каналы и овраги. В таких случаях приходится прибегать или к устройству туннелей при пересечениях с железными дорогами, или устраивать дюкера и сифоны при пересечении с водными протоками. Наконец, можно *вести коллектора и против уклонов* местности, если этим приемом уничтожается последующая перекачка сточных вод.



Черт. 120.

После начертания *главных коллекторов* переходят к последовательному начертанию коллекторов 1-го, 2-го, 3-го порядка и т. д., при чем *стремятся сократить число однородных коллекторов с одинаковой отводоспособностью, заменяя их, по возможности, одним коллектором с отводоспособностью, равной сумме отводоспособностей заменяемых коллекторов*.

При таком трассировании получается возможность укладывать коллектора с меньшими уклонами, так как по ним протекают большие расходы. Сказанное будет вполне ясно из черт. 120, где на черт. *a* показана худшая схема с 5 коллекторами, а на черт. *b* — лучшая сеть с одним коллектором.

а) m

в) m

Черт. 121.

Далее при проектировании канализации нужно стремиться к возможному уменьшению *глухих (слепых) концов сети*, так как в них поступает мало сточных вод, вследствие чего скопляются осадки; для удаления осадков из труб со слепыми концами производится их промывка. Вследствие этого для сокращения расходов по промывке представляется выгодным концентрировать слепые концы *m* в одном пункте (черт. 121), так как при этом можно устроить общие промывные камеры.

Набросанная на основании вышеизложенных соображений канализационная сеть не будет окончательной, так как таковая может быть установлена только после распределения уклонов и подбора сечений водостоков.

§ 48. Скорость течения и уклоны водостоков. Основная задача канализации заключается в *быстром сплаве сточных вод за*

пределы поселков, для чего необходимо, чтобы в каналах и трубах была бы скорость, достаточная для самоочищения сети. Пределом величины такой скорости нужно считать 0,75—1 *м* как это и было принято в проектах канализации многих городов СССР (Ростов, Сталинград, Екатеринослав, Нахичевань и др.).

Скорость *v* в неполной раздельной системе относят к наибольшему расходу домовых сточных вод в течение дня, считая, что осадки, скопленные в ночное время, будут проноситься в дневные часы. При протекании домовых сточных вод по трубам необходимо обращать внимание, чтобы глубина протока в них была бы не меньше 2 *см*, чем парализируется прилипание содержащихся в сточных водах примесей к стенкам водосточных труб. В слепых концах сети нельзя получить необходимой скорости, которая восполняется их промывкой. Необходимо также заботиться, чтобы в каналах и трубах не была бы скорость, ведущая к быстрому их изнашиванию. Таким пределом для наибольшей скорости является величина в 2 *м/сек.* При выборе величин уклонов для получения средней скорости, необходимой для самоочищения труб, нужно придерживаться следующих данных:

а) для круглых труб	20—30 *см*	0,007 —0,004
	30—40 *см*	0,004 —0,003
	40—50 *см*	0,003 —0,002
	50—60 *см*	0,002 —0,0018
b) для овоидальных коллекторов, высотой до 2 *м*		0,0018—0,001.

Для практики можно рекомендовать простое правило: наименьшие уклоны для каналов равны диаметру или ширине канала в миллиметрах, а наибольшие — сантиметрах. Напр., для канала в 60 *см* I_{min} 1 : 600, а I_{max} 1 : 60. При назначении уклонов следует их делать, по возможности, одинаковыми на протяжении от одного угла улицы до другой, сохраняя при этом одинаковое сечение водосточного канала; во всех пунктах, где меняются сечения каналов ставятся ревизионные (смотровые) колодцы. При распределении уклонов по канализационной сети необходимо установить наименьшую глубину заложения уличных водосточных каналов.

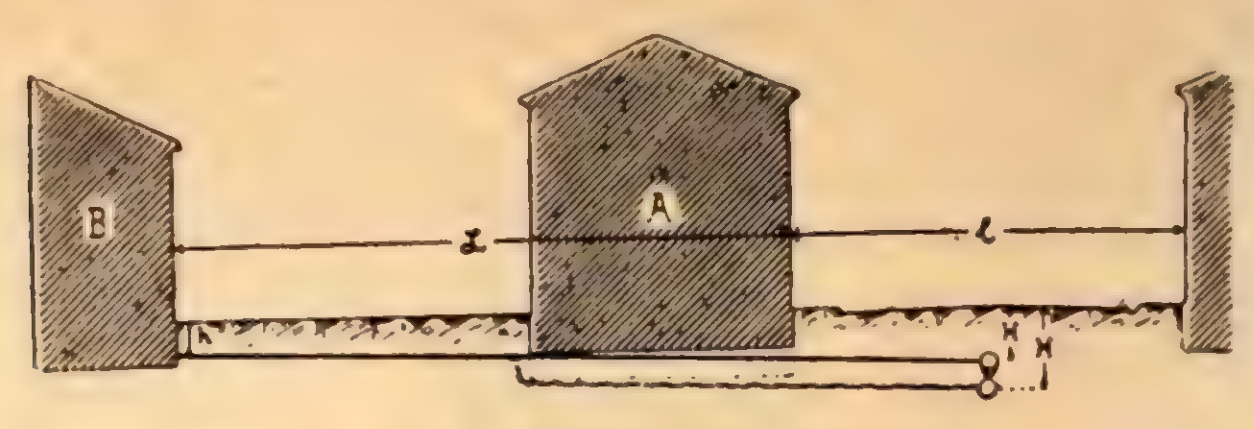
Она будет зависеть: от глубины промерзания грунта в данной местности, расположения самого глубокого домового подвала, глубины домового участка, уклона домового водостока и ширины улицы. Поэтому наименьшая величина заложения уличного водостока

$$H = h + i\left(\frac{a + l + L}{2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19).$$

h (глуб. промерзания) колеблется от 0,5 *м* (Евпатория), до 3 *м* (Архангельск), $i = 1 : 50$, редко в плоских местностях (1 : 100), *a* (ширина

домового участка) и l (длина) — 40—60 *м*; L (ширина улицы) 15—30 *м* (черт. 122).

Из этой формулы видно, как влияет на величину H домовые участки с уклонами, обратными по отношению к уклону улиц. Поэтому, очень выгодно, если домовой участок будет выше на 1 *м* поверхности улицы. Это должно быть учтено при планировке новых поселков. При распределении уклонов следует еще не



Черт. 122.

зарываться слишком глубоко с водостоками, так как в этом случае производство работ сопряжено с значительными расходами (водоотлив, шпунтовые заграждения). Такой наибольшей глубиной заложения можно считать величину в 7 — 8 *м*. Зная наименьшую и наибольшую величины заложения водостоков и оценивая положение очистных сооружений, мы можем сделать распределение уклонов по всей сети. Если считать, что в нашем распоряжении будет величина h, то $\sum_{i=n}^{i=1} i_i l_i = h_{max}$. где уклон водостока i_i, а длина l_i.

ГЛАВА XVI.

Расчет и подбор водостоков.

§ 49. Расчет водостоков. Движение воды в водосточных каналах и трубах происходит обыкновенно самотеком под влиянием разности пьезометрических уровней сточных вод, получающиеся от придания каналам известного уклона. Только в некоторых частях водосточные каналы работают под напором, т.-е. превращаются в водопроводы; к таким частям относятся дюкера и сифоны, укладываемые при переходах через овраги и реки, и напорные коллектора для отведения сточных вод на очистные сооружения или для перекачки из нижних зон в верхние.

Сначала в формулах для движения воды в трубах считали, что коэффициент шероховатости C постоянен. Характерной формулой такого типа является формула Эйтельвейна (Eytelwein)

$$v = 50{,}9 \sqrt{RJ} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (20).$$

Но в настоящее время для расчета водостоков наиболее употребительной формулой является сокращенная формула Гангилье и Куттера (Ganguillet et Kutter), по которой расчитаны у нас, в СССР, канализации многих городов (Москва, Харьков, Киев, Д. Село, Сталинград и проч.), что об'ясняется ее точностью ($\pm 5\%$). По этой формуле скорость

$$v = C\sqrt{RJ} = \frac{100\sqrt{R}}{0{,}35+\sqrt{R}}\sqrt{RJ} \quad \ldots\ldots (21).$$

К этой формуле близка по своей конструкции и новая русская формула П. Ф. Горбачева, по которой коэффициент шероховатости

$$C = \frac{70\sqrt{R}}{0{,}10+\sqrt{R}} \quad \ldots\ldots\ldots (22).$$

Расчет водостоков неполной раздельной системы ведется на наибольший расход домовых вод, увеличенный в пунктах отвода общественными и промышленными водами. Для расчета сечений водостоков необходимо установить глубину заполнения, каковая на практике для неполной раздельной системы принимается от $^1/_2$ до $^3/_4$ высоты канала, чем предохраняется сеть от возможности засорения крупными плавающими веществами, что при малых размерах водостоков имеет крупное значение.

§ 50. Основные задачи, встречающиеся при подборе водостоков. Основные формулы для полного заполнения водостоков

$$v = \frac{100R}{0{,}35+\sqrt{R}}\sqrt{RJ}$$

и $Q = v\omega$ устанавливают зависимость между Q, J, ω и v; так как $\omega = f(d)$, где d ширина сечения, то можно вместо ω в эти выражения подставить d, и тогда установится зависимость между Q, J, d и v.

Имея зависимость между величинами Q, v, J и ω, мы можем решать различные задачи по отысканию двух из этих величин, если две остальные нам даны.

Таким образом, мы получаем для решения 6 задач:

1) по данным Q и J найти ω (или d) и v
2) „ „ Q и v „ ω (или d) и J
3) „ „ Q и ω „ v (или d) и J
4) „ „ ω и J „ Q (или d) и v
5) „ „ ω и v „ Q (или d) и J
6) „ „ v и J „ Q (или d) и ω.

Из этих задач чаще всего на практике приходится иметь дело с данными Q и J, так как расчетные расходы должны быть заранее

вычислены, а уклоны примерно распределены. Для решения этой задачи приходится прибегнуть к способу последовательного приближения.

$$Q = C\omega\sqrt{RJ};\ v = C\sqrt{RJ},\ \text{где}\ C = \frac{100\sqrt{R}}{0{,}35+\sqrt{R}}.$$

Рассмотрим эти задачи для круглого сечения при полном заполнении. Для полного заполнения круглых водостоков известно, что в этом случае $\omega = 0{,}785\,d^2$, $p = 3{,}142\,d$ и $R = 0{,}25\,d$. Коэффициент C, как зависящий от $R = f\,(d)$, не может быть определен точно. Поэтому для первого значения диаметра d возьмем C_1 значение по формуле Эйтельвейна, где $C = 50\ 9$

$$Q = 50{,}9\ .\ 0{,}785\,d_1^2\sqrt{0{,}25\,d_1}\sqrt{J}.$$

Отсюда

$$d_1^5 = \left[\frac{2}{50{,}9\ .\ 0{,}785}\right]^2\frac{Q^2}{J} = m\,\frac{Q^2}{J};\ d_1 = \sqrt[5]{m\,\frac{Q^2}{J}}.$$

Зная d_1, мы вычислим $R_1 = 0{,}25\,d_1$; по этому R_1 определим новые значения для C_2 и d_2 и будем повторять эти действия, пока значения и для C будут мало отличаться друг от друга (на единицу или часть ее). Когда d будет установлено, то определение ω и $v = \frac{Q}{\omega}$ не представит никакого труда.

Вторая задача встречается на практике реже, чем первая. Она имеет применение в тех случаях, когда мы, решая первую задачу, не получили нужной скорости и вынуждены изменить уклон. Решение ее весьма просто. Из уравнения $Q = 0{,}785\,d^2\,v$ определяем $d = \sqrt{\frac{Q}{0{,}785\,v}}$; по d находим последовательно R и C; тогда для нахождения J пользуемся выражением $J = \frac{v^2}{C^2R}$.

Третья задача может найти применение, когда у нас установлен тип сечения и требуется лишь придать каналу такой J, чтобы была бы нужная v; $v = \frac{Q}{\omega}$ при известном d определяются по предыдущему R и C, а затем легко найти и J по той же формуле, что и во второй задаче.

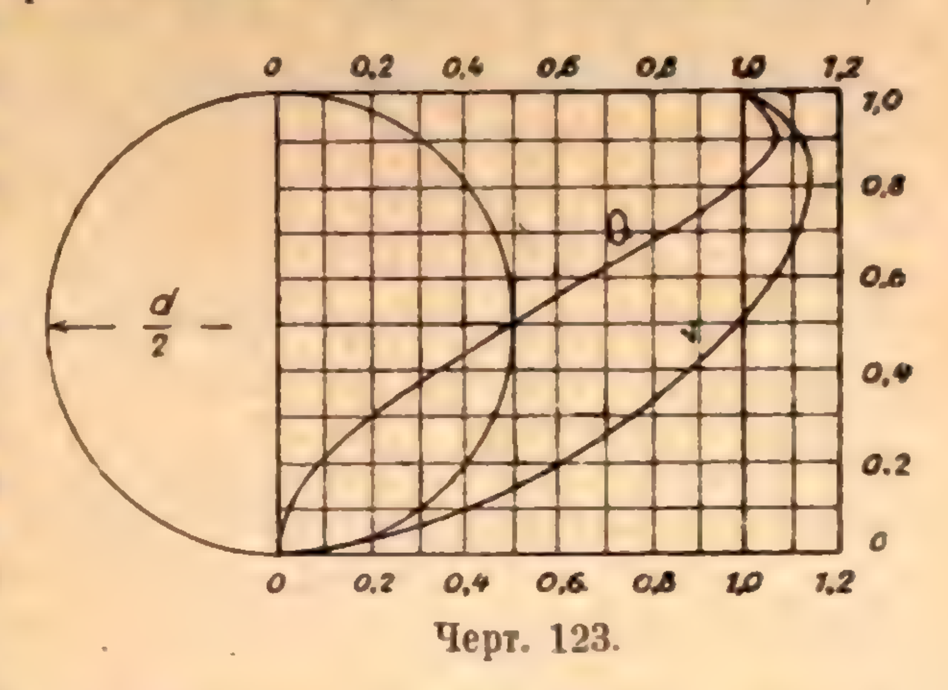
Четвертая задача имеет значение не для проектирования новой канализационной сети, а лишь для проверки существующей. На практике может быть случай, когда потребуется проверить отводоспособность и скорость водостока. Здесь для решения задачи следует применить последовательно две общие формулы. Сначала определяем $v = C\sqrt{RJ}$, где все величины в правой части известны, так как нам даны ω и J, а затем легко находим и Q из $Q = v\,\omega$.

Задачи пятая и шестая редко могут встречаться на практике.

В пятой задаче Q определяется непосредственно из общей формулы $Q = v\,\omega$, а J определяется из выражения $J = \frac{v^2}{C^2 R_1}$, для которого мы по данному ω заранее вычисляем R и C.

Для решения шестой задачи мы сначала вычислим d из выражения $C\sqrt{R} = \frac{v}{\sqrt{J}}$; зная d_1, определим ω, а оттуда $Q = v \cdot \omega$.

Приведенные нами задачи разрешены для полного заполнения водостоков. Но на практике при подборе водостоков неполной раздельной системы приходится иметь дело с наполнением от $^1/_2$ до $^3/_4$. В целях облегчения утомительных подсчетов мы приводим график изменения величин для круглого сечения (черт. 123). Если расход в круглой трубе при полном заполнении будет Q_0 в секунду, то при наполнении по графику будет некоторый расход $Q_1 = \alpha\ h_2$ и скорость $v = \beta\, v_0$, где α и β соответственные ординаты. Обратно, если мы будем знать, что данный расход Q не заполняет трубу известного диаметра, то следует сначала вычислить расход при полном заполнении Q_0 для данного сечения, составить отношение $\frac{Q}{Q_0} = \alpha$ и найти заполнение на графике, а по этому соотношению найти на графике ординату β и умножить ее на v_0 (скорость при полном заполнении) для получения скорости при подобранном заполнении.



Черт. 123.

Численный пример. Круглая труба диаметром 400 *мм*, при полном заполнении при $J = 1:100$ пропускает $Q_0 = 1{,}885$ литров в секунду, имея при этом скорость $v = 1{,}5$ *м*. Требуется определить степень наполнения и соответствующую этому наполнению скорость, если $Q = 160{,}4$?

Для решения этой задачи составляем сначала отношение $\frac{Q}{Q_0} =$ $= \frac{160{,}4}{188{,}5} = 0{,}85$; затем, обращаясь к графику (черт. 123), откладываем на оси абсцисс 0,85 и восстанавливаем ординату до пересечения с кривой Q; из точки пересечения проводим прямую, которая на пути своем пересечет и кривую v, до оси ординат, где читаем, что наполнение для данного случая $= 0{,}70$. Если из точки пересечения горизонтальной прямой с осью v опустить перпендикуляр на оси Q и v, то мы прочитаем 1,13; пере-

множив v на этот коэффициент, мы получим скорость v при данном заполнении, т.-е. $v = 1{,}5 \times 1{,}13 = 1{,}70$ *м.*

§ 51. Таблицы для подбора сечений водостоков. В целях облегчения утомительных подсчетов, связанных с подбором сечений водостоков, представляется выгодным пользоваться таблицами.

Помещенные ниже таблицы построены на следующих основаниях:

$$v = C\sqrt{RJ} = C\sqrt{R}\,.\,\sqrt{J};\ \ Q = C\omega\sqrt{RJ} = C\omega\sqrt{R}\,.\,\sqrt{J};$$

так как

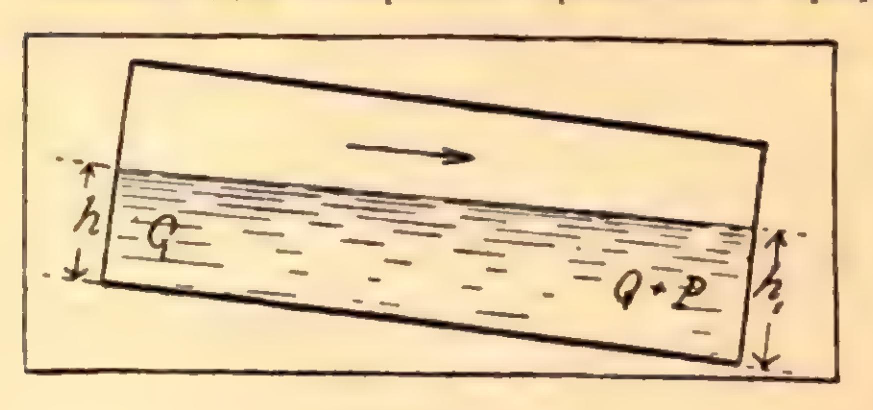
$$C = \frac{100\,.\,\sqrt{R}}{0{,}35 + \sqrt{R}},\ \text{то}\ C = f(R).$$

Это дает нам возможность представить наши выражения в виде:

$$\frac{v}{\sqrt{J}} = C\sqrt{R} = A\ \ \text{и}\ \frac{Q}{\sqrt{v}} = \sqrt{R} = B.$$

Пользуясь этими коэффициентами скорости (A) и расхода (B), мы предлагаем таблицы для подбора круглых сечений по сокращенной формуле Гангилье-Куттера.

§ 52. Уклон дна и построение продольного профиля водостоков. Для построения продольного профиля водостоков необходимо знать уклон их дна J_1. Во всех вышеприведенных расчетах мы пользовались уклоном поверхности воды J. Для малых водостоков неполной раздельной системы разница между J и J_1 невелика. Для того, чтобы определить J, нужно знать величины протекающих по водостоку расходов воды. В начале каждого водостока протекает Q (транзитный расход), а в конце — $Q + P$ (попутный расход). Поэтому для определения J_1, мы вычисляем для каждого водостока в начале и конце глубины заполнения h и h_1; тогда $J_1 = \frac{h_1 - h}{L}$, где L длина водостока (черт. 124); для начальных линий глубина заполнения равна нулю.



Черт. 124.

Сделав аналогичные подсчеты для каждой из линий поселковой водосточной сети и вычислив все необходимые расчетные данные, мы можем перейти к построению продольного профиля водосточной линии. Предположим, что наш профиль состоит из трех водосточных линий: диам. 20 *см*, 25 *м*, 30 *см* (черт. 125).

Сначала мы откладываем, начиная с верхового конца, по вычисленной глубине уклоны поверхности воды в водостоках; по вычерчиванию этой линии, показанной на черт. 125 пунктиром, мы откладываем от нее по

Таблица № 11.

По формуле Гангиллье-Куттера с коэффициентом шероховатости 0,35.

Подбор диаметров и скоростей для круглых сечений.

Степень наполнения.	d = 15 сант.			d = 20 сант.			d = 25 сант.		
	C	$\frac{v}{\sqrt{1}}$ $\frac{мет.}{сек.}$	$\frac{Q}{\sqrt{1}}$ $\frac{лит.}{сек.}$	C	$\frac{v}{\sqrt{1}}$ $\frac{мет.}{сек.}$	$\frac{Q}{\sqrt{1}}$ $\frac{лит.}{сек.}$	C	$\frac{v}{\sqrt{1}}$ $\frac{мет.}{сек.}$	$\frac{Q}{\sqrt{1}}$ $\frac{лит.}{сек.}$
0,05	12,5	0,624	0,074	14,2	0,816	0,171	15,6	1,009	0,325
0,1	16,7	1,161	0,381	18,8	1,516	0,888	20,6	1,856	1,706
0,15	19,6	1,664	1,002	21,9	2,158	2,314	24,2	2,633	4,46
0,2	21,8	2,128	1,955	24,4	2,747	4,500	26,5	3,344	8,524
0,25	23,7	2,567	3,280	26,3	3,298	7.490	28,6	3,999	14.15
0,3	25,3	2,980	4,940	28,1	3,827	11,27	30,4	4,639	21,37
0,35	26,6	3,386	6,970	29,5	4,304	15,88	31,9	5,232	30,31
0,4	27,8	3,754	9,480	30,80	4,790	21,54	33,2	5,789	40,75
0,45	28,9	4,090	12,12	31,9	5,236	27,81	34,4	6,312	52,40
0,5	29,8	4.424	15,22	32.9	5,646	34,70	35,7	6,839	65,41
0,6	31,4	5,030	22,38	34,6	6,380	50,75	37,1	7,681	94,90
0,7	32,7	5,530	30,47	35,9	7,004	68,68	38,0	8,411	129,4
0,8	33,9	6,080	39,91	37,2	7,698	90,40	39,8	9,216	168,6
0,9	34,8	6,515	50,03	38,2	8,243	113,0	40,8	9,872	210,0
1,0	35,6	6,894	60,62	39,0	8,704	136,6	41.7	10,411	255,2
1,1	36.3	7,240	71,80	39,9	9,244	163.3	42,4	11,002	304,1
1.2	36,8	7,514	83,00	40,2	9.478	186,4	42,9	11,310	347,0
1,3	37,3	7.646	89,70	40,5	9,660	205,4	43,3	11.582	384,2
1.4	37,6	7,936	104,4	41,0	9,999	234,9	43,8	11,91	436,2
1,5	37,8	8,046	113,9	41,3	10.14	256,6	44,0	12.08	476,3
1,55	37,8	8,072	115.9	41,3	10,15	264,9	44,0	12,10	494,0
1.6	37,9	8,092	120,7	41,3	10,17	273,8	44,0	12,13	509,1
1,65	37,9	8,095	123,8	41.3	10,19	282,0	44.0	12,15	526,0
1,7	38,0	8,150	131,3	41,3	10,17	289,3	44,0	12,17	542,3
1,75	38,0	8,108	132,9	41.2	10,12	294,3	44.1	12,11	552,2
1.8	37,7	7,953	132,95	41.1	10,03	298,7	43,8	11,96	555,6
1,85	37,5	7,880	133,3	40,9	9,91	300,8	43,6	11.81	558,0
1.9	37,2	7,712	132,9	40.6	9,72	299,9	43,3	11,60	556,5
1.95	36,7	7,482	131.1	40,2	9.43	294,3	42,9	11,29	551,1
2,0	35,6	6.891	121,6	39,0	8.71	273,9	41,7	10.41	509,8

Продолжение табл. № 11.

Степень наполнения.	d = 30 сант.			d = 35 сант.			d = 40 сант.		
	C	$\frac{v}{\sqrt{1}}$ $\frac{мет.}{сек.}$	$\frac{Q}{\sqrt{1}}$ $\frac{лит.}{сек.}$	C	$\frac{v}{\sqrt{1}}$ $\frac{мет.}{сек.}$	$\frac{Q}{\sqrt{1}}$ $\frac{лит.}{сек.}$	C	$\frac{v}{\sqrt{1}}$ $\frac{мет.}{сек.}$	$\frac{Q}{\sqrt{1}}$ $\frac{лит.}{сек.}$
0,05	16,8	1,194	0,562	17,9	1,372	0,878	18,9	1,549	1,300
0,1	22,1	2,187	2,912	23,3	2,505	4,532	24,7	2,822	6,660
0,15	25,6	3,086	7,440	27,1	3,526	11,52	28,5	3,956	16,82
0,2	28,2	3,917	14,44	29,9	4,464	22,39	31,3	5,003	32,76
0,25	30,5	4,674	23,93	32,1	5,319	36,97	33,6	5,951	54,05
0,3	32,2	5,357	35,58	34,1	6,153	55,70	35,6	6,872	81,36
0,35	33,7	6,024	49,18	35,5	6,924	68,60	37,0	7,723	114,7
0,4	35,2	6,684	67,59	37,1	7,644	105,4	38,6	8,522	153,9
0,45	36,3	7,272	87,00	38,3	8,311	135,2	39,7	9,254	196,7
0,5	37,4	7,827	107,9	39,3	8,950	168,1	40,9	9,919	243,3
0,6	39,2	8,841	157,6	41,4	10,07	244,4	42,7	11,19	354,4
0,7	40,7	9,583	211,6	42,6	10,90	327,2	44,4	12,10	474,9
0,8	41,9	10,596	279,8	43,9	12,03	447,1	45,5	13,35	627,0
0,9	43,1	11,36	352,0	44,9	12,84	538,6	46,6	14,23	781,5
1,0	43,8	11,95	422,2	46,1	13,54	651,5	47,4	15,01	943,0
1,1	44,8	12,69	506,2	46,9	14,17	768,0	48,5	15,69	1112
1,2	45,1	12,97	573,8	47,1	14,68	884,0	48,8	16,25	1280
1,3	45,6	13,35	618,4	47,2	15,10	999,1	49,0	16,17	1444
1,4	45,9	13,65	723,0	47,9	15,44	1111	49,6	17,07	1602
1,5	46,0	13,84	786,0	48,2	15,65	1211	49,8	17,31	1751
1,55	46,2	13,87	814,1	48,5	15,68	1253	49,9	17,43	1822
1,6	46,3	13,90	841,5	48,3	15,72	1295	49,9	17,38	1869
1,65	46,3	13,92	867,8	48,3	15,74	1336	49,9	17,41	1929
1,7	46,4	13,97	898,0	48,3	15,72	1369	50,0	17,38	1978
1,75	46,5	13,98	916,0	48,4	15,62	1393	50,5	17,27	2013
1,8	46,0	13,71	918,1	48,0	15,50	1412	49,7	17,14	2042
1,85	45,9	13,54	925,0	47,8	15,31	1424	49,5	16,95	2058
1,9	45,5	13,30	921,0	47,5	15,04	1420	49,2	16,64	2052
1,95	45,2	12,92	908,1	47,0	14,62	1396	48,7	16,18	2020
2,0	43,8	11,95	846,0	45,8	13,54	1302	47,4	15,01	1885

Продолжение табл. № 11.

Степень наполнения.	$d = 45$ сант.			$d = 50$ сант.			$d = 55$ сант.		
	C	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет./сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит./сек.	C	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет./сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит./сек.	C	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ мет./сек.	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ лит./сек.
0,05	19,9	1,725	1,829	20,7	1,896	2,482	21,5	2,066	3,280
0,1	25,8	3,122	9,292	26,8	3,428	12,65	27,7	3,720	16,56
0,15	29,7	4,373	23,63	30,8	4,783	32,10	31,8	5,185	41,90
0,2	32,6	5,519	45,77	33,8	6,028	61,77	34,9	6,524	80,83
0,25	34,9	6,558	75,38	36,1	7,154	101,4	37,2	7,735	132,6
0,3	37,4	7,787	126,6	38,0	8,200	151,0	39,3	8,899	199,1
0,35	38,6	8,498	159,4	39,6	9,098	209,5	41,0	9,978	279,6
0,4	40,0	9,361	213,4	41,3	10,18	286,8	42,5	10,98	374,7
0,45	41,3	10,17	273,3	42,6	11,05	367,6	43,8	11,91	478,5
0,5	42,4	10,89	338,2	43,6	11,83	453,6	44,8	12,74	591,5
0,6	44,2	12,27	492,5	45,5	13,32	659,0	46,9	14,04	841,5
0,7	45,5	13,26	657,0	46,8	14,39	882,7	48,0	15,47	1147
0,8	47,0	14,61	866,5	48,3	15,83	1163	49,5	17,01	1509
0,9	48,1	15,57	1080	49,4	16,87	1445	50,7	18,19	1885
1,0	48,9	16,41	1304	50,3	17,76	1742	51,2	19,15	2273
1,1	49,7	17,15	1536	51,0	18,56	2056	52,2	20,00	2677
1,2	50,2	17,76	1766	51,6	19,21	2362	52,8	20,69	3079
1,3	50,7	18,25	1996	52,0	19,48	2609	53,3	21,26	3473
1,4	51,0	18,65	2217	52,4	20,17	2960	53,6	21,71	3852
1,5	51,3	18,90	2420	52,6	20,44	3230	53,9	22,00	4205
1,55	51,3	18,94	2501	52,6	20,48	3340	53,9	22,04	4350
1,6	51,4	18,98	2585	52,7	20,52	3447	53,9	22,08	4490
1,65	51,4	19,01	2662	52,7	20,55	3558	54,0	22,12	4633
1,7	51,4	18,98	2732	52,7	20,52	3648	53,9	22,08	4750
1,75	51,3	18,87	2783	52,6	20,40	3716	53,8	21,97	4840
1,8	51,1	18,72	2821	52,5	20,30	3770	53,7	21,79	4900
1,85	50,9	18,50	2840	52,3	20,01	3793	53,5	21,57	4951
1,9	50,6	18,18	2835	52,0	19,67	3789	53,2	21,18	4932
1,95	50,2	17,68	2790	51,5	19,13	3729	52,7	20,60	4860
2,0	48,9	16,41	2608	53,3	17,76	3486	51,5	19,15	4550

Продолжение табл. № 11.

Степень наполнения.	d = 60 сант.			d = 65 сант.			d = 70 сант.		
	C	$\frac{v}{\sqrt{I}}\frac{\text{мет.}}{\text{сек.}}$	$\frac{Q}{\sqrt{I}}\frac{\text{лит.}}{\text{сек.}}$	C	$\frac{v}{\sqrt{I}}\frac{\text{мет.}}{\text{сек.}}$	$\frac{Q}{\sqrt{I}}\frac{\text{лит.}}{\text{сек.}}$	C	$\frac{v}{\sqrt{I}}\frac{\text{мет.}}{\text{сек.}}$	$\frac{Q}{\sqrt{I}}\frac{\text{лит.}}{\text{сек.}}$
0,05	22,3	2,230	4,214	23,0	2,395	5,29	23,6	2,559	6,57
0,1	28,6	4,010	21,28	29,4	4,292	26,73	30,2	4,572	33,10
0,15	32,7	5,574	53,65	33,8	6,018	68,00	34,5	6,341	82,50
0,2	35,8	7,007	103,4	36,9	7,542	130,7	37,6	7,947	159,6
0,25	38,3	8,299	169,5	39,3	8,918	213,4	40,1	9,395	261,2
0.3	40,3	9,504	253,0	41,4	10,24	310,0	42,2	10,79	391,3
0,35	42,1	10,69	357,0	43,1	11,45	448,0	44,0	12,06	547,5
0,4	43,6	11,76	476,4	44,6	12,59	599,8	45,5	13,26	732,0
0,45	44,8	12,74	571,2	46,0	13,70	769,7	46,7	14,35	935,0
0.5	45,9	13,63	752,7	47,1	14,63	949,0	47,8	15,33	1153
0.6	47,8	15,31	1092	48,9	16.42	1376	49,7	17,21	1670
0,7	49,0	16,52	1459	50,2	17,70	1833	51,0	18,54	2228
0,8	50,6	18,15	1920	51,8	19,43	2408	52,8	20,47	2943
0.9	51,7	19,33	2485	52,8	20,66	2991	53,6	21,66	3537
1.0	52,5	20,34	2877	53,7	21,73	3603	54,4	22,77	4376
1,1	53,3	21,23	3386	54,4	22,67	4078	55,2	23,76	5158
1,2	53,8	21,96	3863	54,9	23,44	4865	55,7	24,57	5918
1,3	54,3	22,57	4382	55,4	24,08	5482	56.2	25,23	6678
1,4	54,7	23,05	4866	55,8	24,59	5916	56,6	25,76	7406
1.5	54,9	23,35	5310	56,0	24,91	6650	56,8	26,09	8077
1,55	54,9	23,39	5495	56,0	24,95	6878	56,8	26,15	8358
1,6	54,9	23,44	5675	56,0	25,00	7096	56,8	26,20	8635
1,65	55,0	23,48	5860	56,1	25,05	7325	56,9	26,24	8905
1,7	54,9	23,44	6005	56,0	25,00	7510	56,8	26,20	9133
1,75	54,8	23,31	6110	55,9	24,86	7640	56,7	26,05	9305
1,8	54,7	23,13	6195	55,8	24,67	7768	56,6	25,85	9440
1,85	54,5	22,87	6250	55,6	24,40	7820	56,4	25,40	9300
1,9	54,2	22,48	6240	55,3	23,99	7810	56,1	25,00	9200
1,95	53,8	21,88	6149	54,8	23,36	7690	55,7	24,45	9000
2,0	52,5	20,34	5749	53,4	21,34	6760	54,4	22,40	8260

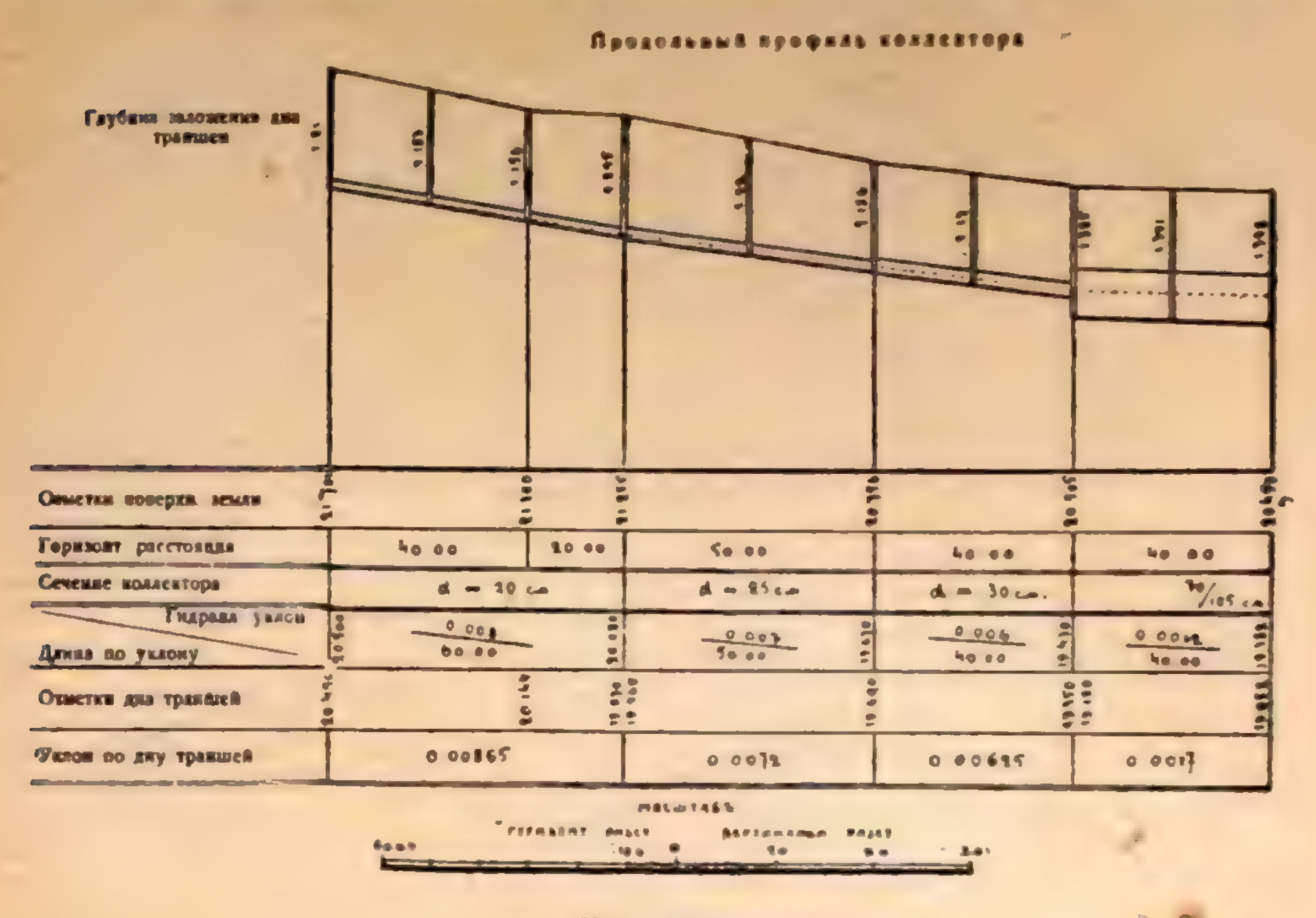
Продолжение табл. № 11.

Степень наполнения.	$d = 75$ сант.			$d = 80$ сант.			$d = 85$ сант.		
	C	$\frac{v}{\sqrt{i}}$ мет./сек.	$\frac{Q}{\sqrt{i}}$ лит./сек.	C	$\frac{v}{\sqrt{i}}$ мет./сек.	$\frac{Q}{\sqrt{i}}$ лит./сек.	C	$\frac{v}{\sqrt{i}}$ мет./сек.	$\frac{Q}{\sqrt{i}}$ лит./сек.
0,05	23,9	2,720	8,020	24,3	2,874	9,64	25,4	3,033	11,50
0,1	30,9	4,851	40,20	31,6	5,121	48,35	32,3	5,389	57,45
0,15	35,3	6,715	100,8	36,0	7,077	121,2	36,7	7,433	143,6
0,2	38,5	8,405	193,7	39,2	8,856	224,6	39,9	9,292	275,2
0,25	40,9	9,900	307,3	41,7	10,45	379,4	42,5	10,96	440,4
0,3	43,1	11,39	474,0	42,8	11,23	532,0	44,6	12,56	671,3
0,35	44,8	12,74	662,8	44,7	12,62	748,0	46,4	14,02	939,6
0,4	46,3	13,98	886,0	46,2	13,90	1002	47,9	15,30	1253
0,45	47,6	15,12	1128	46,6	14,77	1257	49,2	16,53	1588
0,5	48,7	16,15	1394	48,7	16,15	1586	50,2	17,75	1986
0,6	50,6	18,13	2021	50,6	18,18	2308	52,2	19,89	2869
0,7	51,8	19,52	2690	51,9	19,63	3080	53,4	21,40	3814
0,8	53,4	21,42	3537	53,5	21,59	4056	55,0	23,46	5000
0,9	54,4	22,77	4390	54,6	22,99	5045	56,0	24,93	6197
1,0	55,3	23,95	5283	55,5	24,20	6082	56,8	26,20	7459
1,1	56,0	23,97	5962	56,2	25,27	7150	57,6	27,32	8763
1,2	56,6	25,82	7140	56,8	26,14	7919	58,1	28,23	10061
1,3	57,0	26,51	8050	57,3	26,87	9280	58,6	28,98	11340
1,4	57,4	27,06	8942	57,6	27,43	10300	58,9	29,58	12577
1,5	57,6	27,42	9742	57,9	27,80	11250	59,1	29,95	13707
1,55	57,7	27,46	10098	57,9	27,85	11628	59,2	30,01	14177
1,6	57,7	27,52	10400	57,9	27,90	12000	59,2	30,06	14640
1,65	57,7	27,57	10730	57,0	27,96	12400	59,2	30,12	15101
1,7	57,7	27,52	11000	57,9	27,90	12695	59,2	30,06	15482
1,75	57,6	27,37	11210	57,8	27,74	12930	59,1	29,90	15777
1,8	57,5	27,17	11360	57,7	27,54	13120	59,0	29,69	15997
1,85	57,3	26,87	11470	57,5	27,23	13220	58,8	29,36	16154
1,9	57,0	26,42	11455	57,2	26,76	13200	58,5	28,88	16138
1,95	56,5	25,72	11290	56,7	26,03	12500	58,1	28,10	15896
2,0	55,3	23,95	10580	55,5	24,20	12160	56,8	26,20	14922

Продолжение табл. № 11.

Степень наполнения.	d = 90 сант.			d = 95 сант.			d = 100 сант.		
	C	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ $\frac{мет.}{сек.}$	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ $\frac{лит.}{сек.}$	C	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ $\frac{мет.}{сек.}$	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ $\frac{лит.}{сек.}$	C	$\frac{v}{\sqrt{I}}$ $\frac{мет.}{сек.}$	$\frac{Q}{\sqrt{I}}$ $\frac{лит.}{сек.}$
0,05	26,0	3,189	13,55	26,5	3,340	15,80	27,0	3,495	18,51
0,1	32,9	5,650	67,52	33,5	5,911	78,68	34,1	6,170	91,32
0,15	37,3	7,789	168,8	38,0	8,139	196,5	38,6	8,486	227,0
0,2	40,6	9,731	323,2	41,3	10,16	375,9	41,9	10,58	433,8
0,25	43,1	11,46	526,7	43,8	11,96	612,5	44,4	12,44	706,0
0,3	45,3	13,13	786,9	46,0	13,68	913,6	46,6	14,24	1054
0,35	47,1	14,65	1101	47,8	15,27	1278	48,4	15,88	1473
0,4	48,6	16,07	1468	49,3	16,74	1701	49,9	17,40	1962
0,45	49,9	17,36	1870	50,5	18,08	2170	51,2	18,79	2499
0,5	51,0	18,53	2304	51,6	19,18	2656	52,3	20,03	3075
0,6	52,9	20,74	3331	53,5	21,58	3860	54,2	22,41	4444
0,7	54,1	22,32	4433	54,8	23,22	5139	55,4	24,10	5912
0,8	55,7	24,46	5815	56,3	25,43	6734	57,0	26,38	7743
0,9	56,7	25,98	7212	57,4	27,00	8351	58,0	28,00	9598
1,0	57,6	27,38	8711	58,2	28,36	10051	58,8	29,40	11548
1,1	58,3	28,53	10238	58,9	29,56	11809	59,5	30,65	13572
1,2	58,9	29,48	11747	59,5	30,54	13560	60,1	31,65	15572
1,3	59,3	30,26	13242	59,9	31,31	15278	60,5	32,49	17554
1,4	59,7	30,88	14689	60,3	31,98	16946	60,9	33,14	19463
1,5	59,9	31,28	16011	60,5	32,38	18466	61,1	33,56	21210
1,55	59,9	31,33	16560	60,5	32,45	19107	61,1	33,62	21937
1,6	59,9	31,39	17106	60,5	32,50	19751	61,2	33,68	22660
1,65	60,0	31,44	17643	60,6	32,56	20353	61,2	33,74	23375
1,7	59,9	31,39	18092	60,5	32,50	20868	61,2	33,68	23963
1,75	59,8	31,21	18443	60,4	32,32	21254	61,1	33,50	24415
1,8	59,7	31,00	18692	60,3	32,10	21565	60,9	33,26	24762
1,85	59,5	30,65	18839	60,1	31,74	21729	60,7	32,90	24965
1,9	59,3	30,15	18824	59,9	31,22	21714	60,5	32,37	24951
1,95	58,8	29,37	18563	59,4	30,42	21419	60,0	31,54	24611
2,0	57,6	27,38	17423	58,2	28,36	20102	58,8	29,40	23090

предыдущему соответственные глубины заполнения при ливневом расходе и получаем уступчатую линию дна; затем согласно размерам сечений проводим параллельно уступчатую линию верхней производящей сечений; зная толщину стенок сечений, мы получаем отметки дна их рвов. Под построенным таким образом профилем (масшт. гориз. расст. 1 : 2.500,



Черт. 125.

верт. — 1 : 100) подписываются в горизонтальных столбцах: отметки поверхности земли, горизонтальные расстояния между смотровыми колодцами, сечения коллекторов, уклоны поверхности воды, глубины и отметки дна траншей и уклоны их дна.

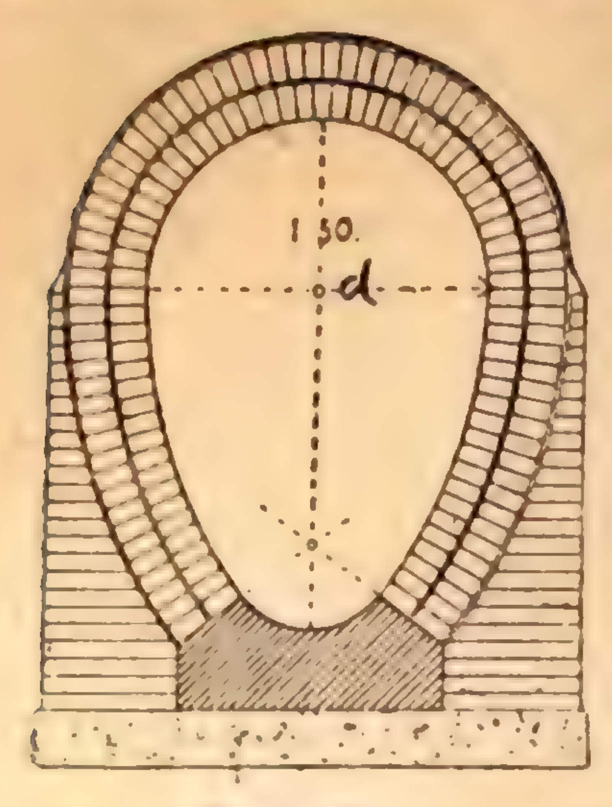
Кроме того, наносятся: смотровые колодцы, оси пересекающих данную линию улиц, примыкания других водосточных каналов, дюкера и т. п.

ГЛАВА XVII.

Устройство канализационной сети.

§ 53. Типы водосточных труб и каналов. Уличные водосточные каналы должны обладать достаточной прочностью и быть сделаны из такого материала, который был бы непроницаем для выхода сточных вод в почву, хорошо бы сопротивлялся механическому действию сточных вод при движении тяжелых частиц по дну каналов и не подвергался бы разъеданию от химического воздействия сточных вод, в которых в большей или меньшей сте-

пени содержатся кислоты и щелочи; кроме того, материал для каналов должен обладать свойствами принимать в обработке употребительные формы поперечных сечений, при чем внутренняя поверхность каналов, ради уменьшения трения, должна быть, по возможности, гладкой.



Черт. 126.

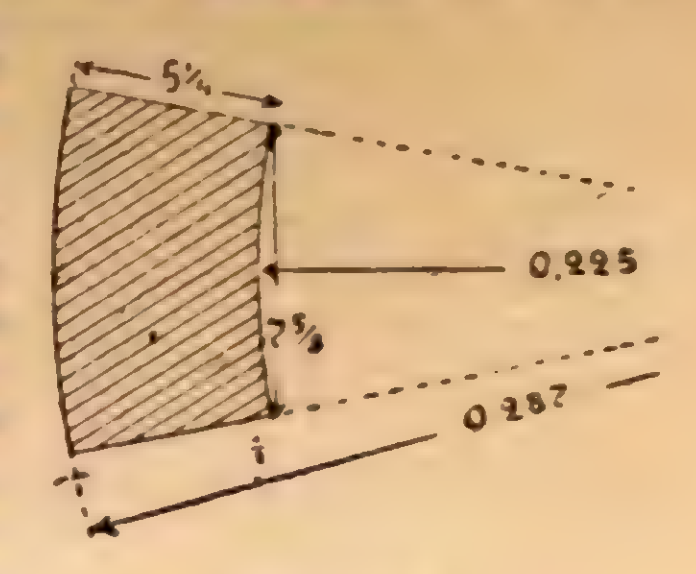
Из всех разнообразных материалов, употребляющихся для устройства неполной раздельной системы, нужно остановиться на следующих материалах: кирпич, железо-бетон и керамиковая глина.

I. Кирпич для канализационных каналов требует хорошего обжига, так как этим увеличивается его водонепроницаемость и сопротивляемость его на раздробление. По мере службы водонепроницаемость его возрастает, так как поры кирпичной кладки скоро заполняются примесями. Обмазку цементной штукатуркой внутренней поверхности кирпичных каналов нельзя рекомендовать, так как такая штукатурка обваливается: гораздо лучше вести кладку концентрическими рядами (черт. 126), прокладывая между каждым рядом слой цементного раствора (1 : 2 или 1 : 2½) или цементно-известкового раствора (1 цем., 1 изв., 3 ч. песку) или цементно-трассового раствора (1 цем., 1 трас., 4 ч. песку). На внутренней поверхности кирпичных каналов все швы расшиваются чистым цементным раствором; если водосточные каналы укладываются в водоносных грунтах, то, во избежание проникания грунтовых вод, их наружную поверхность также обмазывают цементным раствором (1 : 1 или 1 : 2) и стремятся посредством дренажных труб понизить уровень грунтовых вод до подошвы каналов. Кирпич для каналов должен быть плотный, правильной формы с острыми кромками и вполне хорошего обжига; уклонения от установленных размеров кирпича допускаются от 2 до 2,5%. Для сводчатых каналов, употребляющихся в неполной раздельной канализации, приходится прибегать к лекальным кирпичам. Так, при постройке кирпичных каналов канализации 1-ой очереди были применены пять сортов лекального кирпича: четыре клинообразных (черт. 127) и пятый—криволинейный (черт. 128). Кирпич применен во многих городах СССР: Москве, Харькове, Самаре, Саратове и пр.

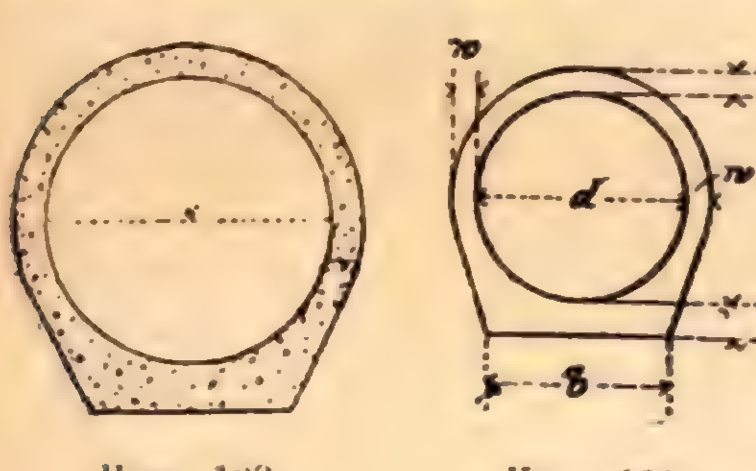
Черт. 127.

II. Бетонные каналы за последние десятилетия стали часто применяться для канализации городов (у нас Севастополь, Ростов н/д, Троцк и пр.), вследствие возможности находить нужные для них материалы на месте. Причиной их распространения является их дешевизна, так как стоимость их обыкновенно на 25 — 30% ниже кирпичных каналов.

Бетон, употребляемый для каналов, должен обладать такой плотностью, чтобы не было просачивания сточных вод в почву из каналов. Это достижимо только при известных пропорциях (1 : 2 : 4; 1 : 3 : 3 и 1 : $2^1/_2$: 5) и при его тщательном трамбовании. В защиту от истирания тяжелыми частицами и достижения большей гладкости стенок, бетонные каналы покрываются изнутри цементной штукатуркой (1 : 1), толщ. от 1,5 до 5 *см*. Домовые сточные воды обычного состава не обнаруживают вредного влияния на бетон, если вследствие плохого состава или небрежной эксплоатации в водах не будет выделяться сероводород. Поэтому для бетона оказываются опасными воды многих фабрик и заводов (металлических, анилиновых, мыловаренных и др.), а также тех производств, которые спускают горячую воду с температурой выше 40°/о. Поэтому фабрично-заводские сточные воды только тогда допускаются в общую канализационную сеть, если из их состава будут выделены опасные кислоты, а горячие воды будут охлаждены. Также опасным является применение бетона, если приходится прокладывать их в грунтовых водах, содержащих сероводород. Тип круглого бетонного канала, примененного для канализации Ростова н/Дону, показан на черт. 129.

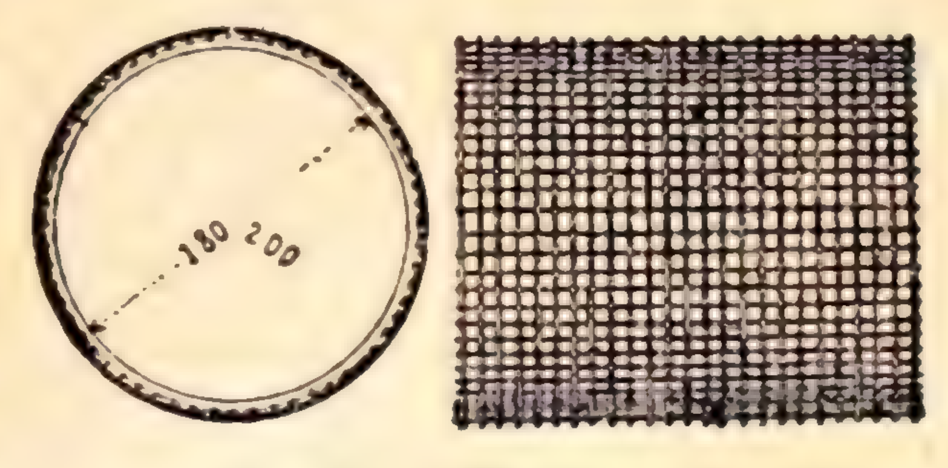


Черт. 128.



Черт. 129. Черт. 130.

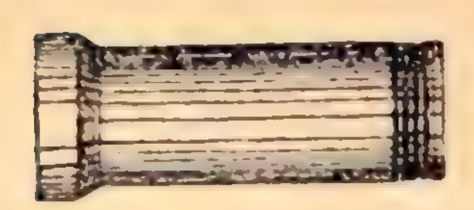
III. Бетонные трубы изготовляются на специальных заводах в деревянных или железных с сердечниками формах, в которые забрасывается хорошо подготовленная масса с малым содержанием воды небольшим слоем и плотно трамбуется, пока не покажется вода. Для выделки бетонных труб небольшого сечения вовсе не употребляют щебня, а берут смесь из 1 ч. цем. и 2 — 3 ч. песку. Такие трубы называются цементными (черт. 130). Их диаметры 15 — 30 *см*; строительная длина 0,66 — 1 *м*. Для лучшей укладки цементных труб во рвах их делают с плоскими подошвами. Бетонные трубы могут выдерживать давление



Черт. 131.

от 2 — 5 атм. Толщина их стенок определяется по эмпирической формуле $\delta = 0{,}1\, d + C$, где d — диам., а $C = 15 - 20$ *мм*.

IV. Железо-бетонные трубы. Для усиления сопротивления труб и каналов действию внешней нагрузки или внутреннему давлению в напорных проводах, употребляют железо-бетонные трубы и каналы. Простейшим типом, пригодным для канализации поселков, являются железо-бетонные трубы по сист. Монье, состоящей из продольных и поперечных прутьев, связанных проволокой в пунктах пересечения. На черт. 131 показана железо-бетонная труба Днепропетровской, б. Екатеринославской, канализации, арматура которой состоит из продольных круглых прутьев, диаметром в 6 *мм* и поперечных — диам. в 8 *мм*. Цемент для бетона, окружающею металлический остов сист. Монье, берется медленно схватывающийся для надежности его утрамбования.



Черт. 132.

V. Керамиковые трубы, изготовляемые из чистой пластичной, огнеупорной, с примесью в известных пропорциях кварцевого песку и шамота (глины, обожженной при $t^\circ = 900^\circ$ С), получили широкое распространение во всех системах канализации. Это об'ясняется тем, что они обладают достаточной прочностью и водонепроницаемостью, прекрасно противостоят химическим реагентам, обладают большой гладкостью стенок, наконец, представляют большие удобства в быстроте укладки вследствие фабричного способа их выделки.

Хорошие, достаточно обожженные, каменно-керамиковые трубы издают чистый звук и в изломе имеют плотное, слегка стекловидно-зернистое строение. Присутствие в теле труб даже небольших количеств извести делает ее совершенно негодной к употреблению (известь гасится, труба дает трещины).

Керамиковые трубы (черт. 132) согласно нормального русского сортамента 1926 г. состоят из цилиндрической части и раструба или муфты; наружная поверхность конца цилиндрической части и внутренняя раструба делаются бороздчатыми, рифленными, чем достигается уплотнение материала, для стыков труб. Внутренний диаметр керамиковых труб делается от 50 до 600 *мм* длина 0,7 — 1 *м*. Толщина стенок керамиковых труб $\delta = \frac{1}{7} - \frac{1}{12} D$ (внутр. диам.) или $\delta = 0{,}05\ D + 10$ *мм*.

Литературные источники:

1) Нормальный метрический сортамент каменно-керамических канализационных труб и технические условия на их приемку, 1925.

2) Б. С. Лысин. — Керамиковые канализационные трубы, их производство и определение технического достоинства, 1916.

3) Инж. Н. Д. Доброхотов. — Бетонные трубы, Вестн. Инж., 1924.

4) M. Gary, Zementröhren, ihre Verwendung, Prüfung und Bewertung in der Praxis, 1907.

5) Б. Н. Акимов. — Железо-бетон в практике, 1908.

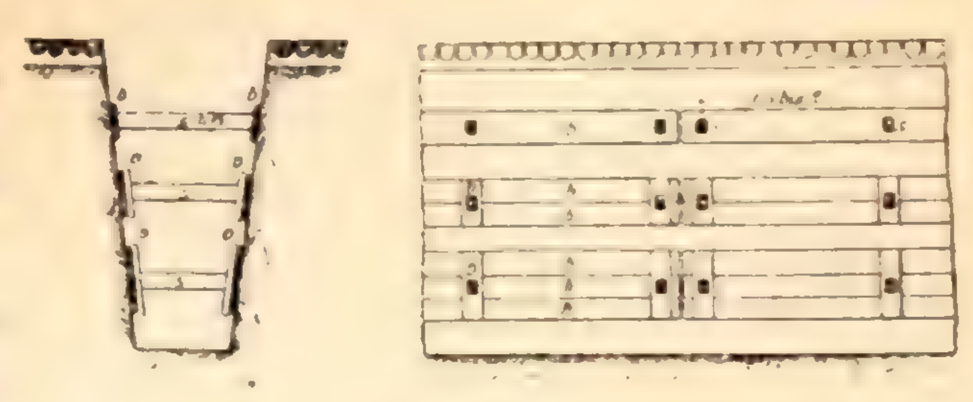
§ 54. Устройство и укрепление рвов. Глубина рвов зависит исключительно от глубины заложения уличных каналов и потому меняется согласно проектным профилям водосточных линий. Что же касается ширины рвов, то она зависит от очертания канала; она должна быть выбрана с таким расчетом, чтобы рабочие могли бы свободно производить все работы по устройству каналов. Для ширины рвов в сухих грунтах в Днепропетровске (б. Екатеринославе) были выработаны следующие нормы в зависимости от диаметра труб (таблица № 12).

Таблица № 12.

В миллим. d	В метрах. b	В миллим. d	В метрах. b
200	1,00	600	1,70
250	1,28	750	1,70
300	1,28	900	1,92
350	1,49	1.050	1,92
450	1,49	1.200	2,13

При работах в мокрых грунтах, вследствие применения досчатых или шпунтовых рядов, приведенные в таблице нормы для ширины рвов, увеличиваются на 0,2—0,3 *м.*

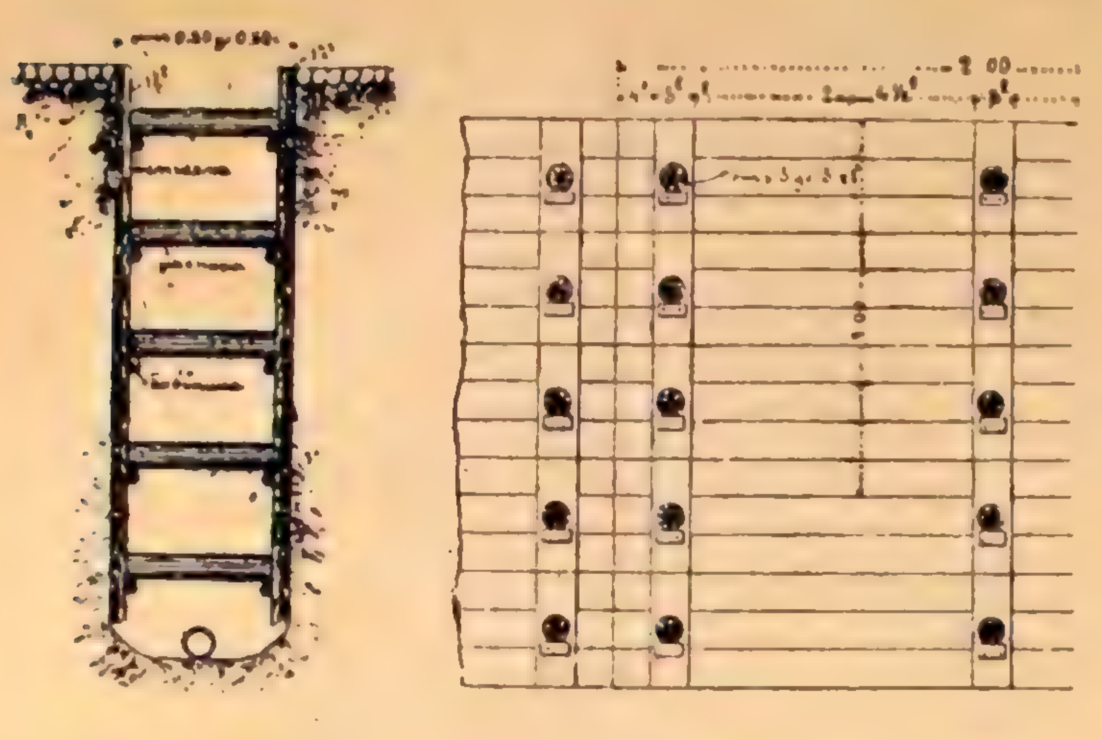
Работы по укреплению рвов нужно производить с возможной тщательностью и не стремиться к излишней экономии, так как могущие произойти, вследствие небрежного отношения к этому вопросу, несчастья с рабочими или повреждения зданий могут сразу потребовать больших расходов.



Черт. 133.

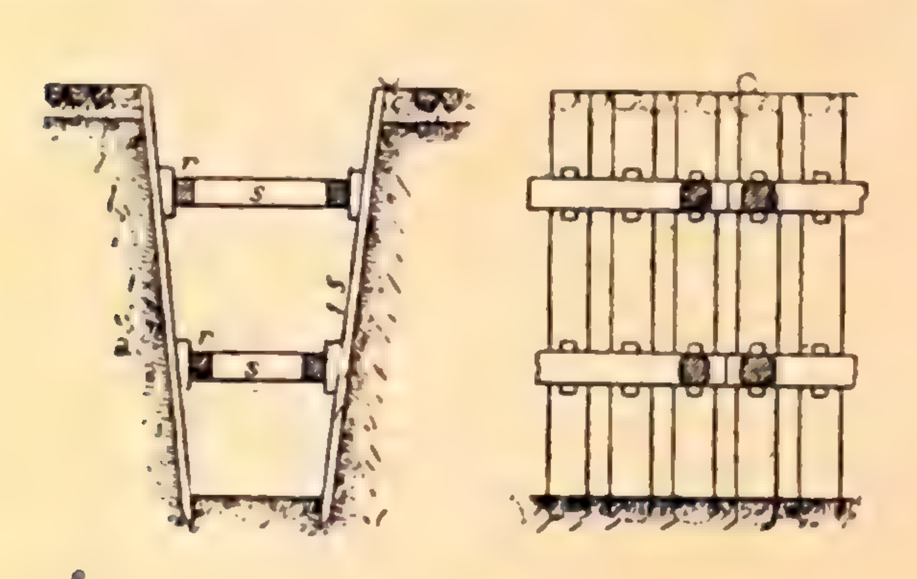
Простейший случай укрепления рвов на небольших глубинах в сухих грунтах при незначительной глубине показан на черт. 133. Здесь стенки рвов сделаны с откосами в 1:5 и укреплены распорками (размерами 15 *см* × 5 или 6 *см*), в которые передают давление земли на клинья r и на распорки S. Применение в данном случае малых откосов даст экономию в количестве досок, но требует применения распорок разной длины. Расстояние между распорками делается в 1,5—2 *м.*

Для рвов большой глубины в сухих грунтах употребляется обделка, примененная в Москве и показанная на черт. 134, где помещены и размеры досок и бревен. При проведении рвов в обсыпающихся или влажных грунтах применяется вертикальная обделка рвов, показанная на черт. 135. Здесь давление земли передается через клинья на продольные лежни r, между которыми помещены распорки S. При очень большой глубине рвов выгоднее вместо применения длинных досок разделять ров на две части и, несколько уширив его, обделать каждую часть независимо (черт. 136).

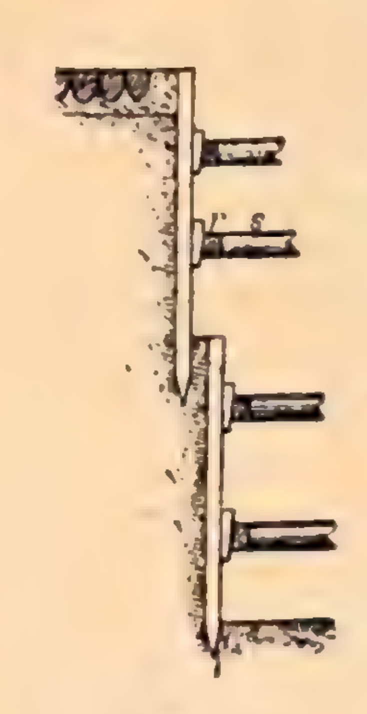


Черт. 134-а. Черт. 134-б.

В случае пересечения небольших прослойков грунтовых вод, прибегают к смешанной обделке рвов: часть рва до уровня грунтовых вод обделывается горизонтальными досками, а нижняя часть — вертикальными, забиваемыми вручную в грунт на глубину 0,5—0,8 *м* (черт. 137). Вода из этих рвов удаляется насосами, к которым она подводится при помощи уложенного ниже подошвы каналов провода; в пункте установки насоса для удобства всасывания во рве делается углубление для помещения сетки всасывающей трубы.



Черт. 135.



Черт. 136.

Для подобных же случаев вместо вертикальных досок при постройке канализации Киева применяли железные листы, забиваемые ручной бабой (черт. 138). В сильно пропитанных водой грунтах приходится прибегать к забивке шпунтовых рядов (черт. 139).

Вместо забивки шпунтовых рядов в последнюю четверть века начали применять способ искусственного понижения уровня грунтовых вод (Киев, Одесса). Этот способ заключается в устройстве ряда трубчатых колодцев с одной стороны рва, соединенных ветвями с общей всасывающей трубой (черт. 140).

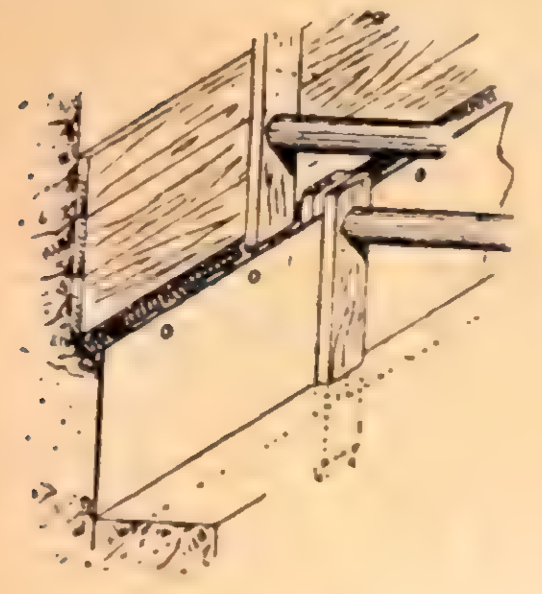
Вода всасывается постоянно действующими паровыми насосами, установленными у крайнего трубчатого колодца. При понижении уровня ниже подошвы будущего канала, кладка последнего производится в сухом рве. Пока ведутся работы по устройству известного участка канала, в соседнем участке закладываются трубчатые колодцы с таким расчетом, чтобы по окончании этих работ можно было бы перенести паровую насосную станцию на новое место и здесь начать откачку грунтов. Этот способ дает экономию на 100% сравнительно с применением шпунтовых рядов.



Черт. 137.

Рытье рвов для канализационных работ в большинстве случаев производится лопатами и кирками, в особенности при неглубоком заложении рвов.

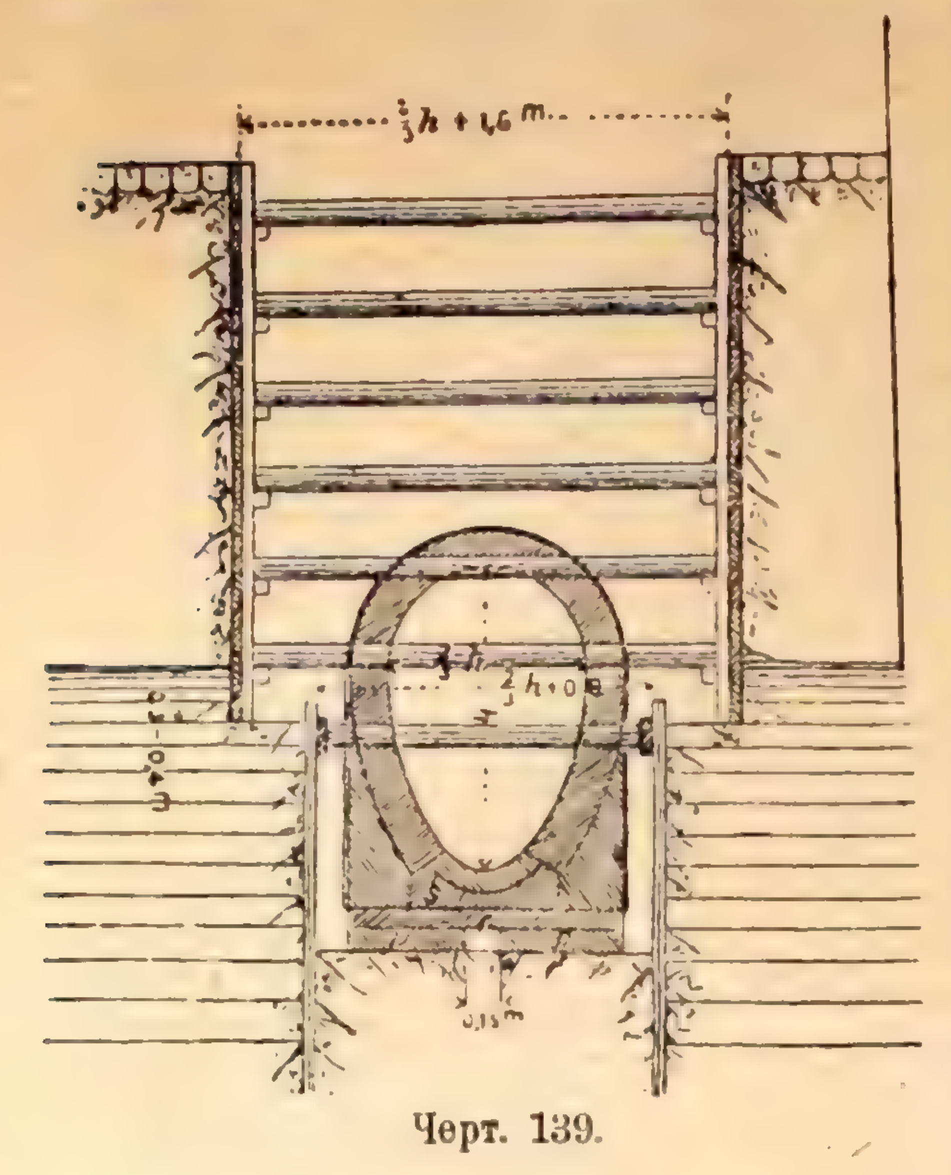
По мере увеличения глубины рвов выемку земли приходится вести уступами. Рвы не должны выбираться до полной проектной глубины, так как необходимо оставить не менее 0,05 *м* для более точной укладки труб. При достаточной ширине улиц вынимаемая из рвов земля складывается рабочими у верхних краев их в виде берм, шириной от 0,40 до 1 *м*, что защищает рвы от затопления дождевыми водами.



Черт. 138.

В целях увеличения высоты складываемой около рвов земли можно или продолжить стенку для обделки рвов или применить, так называемые, „американские“ заборы, обхватывающие земляные насыпи с одной или двух сторон. На черт. 141 показан односторонний американский забор, примененный на канализационных работах в Харькове. Камни, выламываемые из мостовой, и песок также должны быть снесены на носилках в определенные пункты, на противоположные по отношению к рвам тротуары и сложены в кучи. В целях охраны населения от несчастных случаев представляется необходимым ограждение пунктов производства работ и освещение их керосиновыми фонарями (по расчету 1 фонарь на 20 пог. *м*). Во избежание стеснения движения экипажей и пешеходов должны употребляться переездные и пешеходные мостики, в особенности на пересеченных с улицами, трамвайными путями и пр.

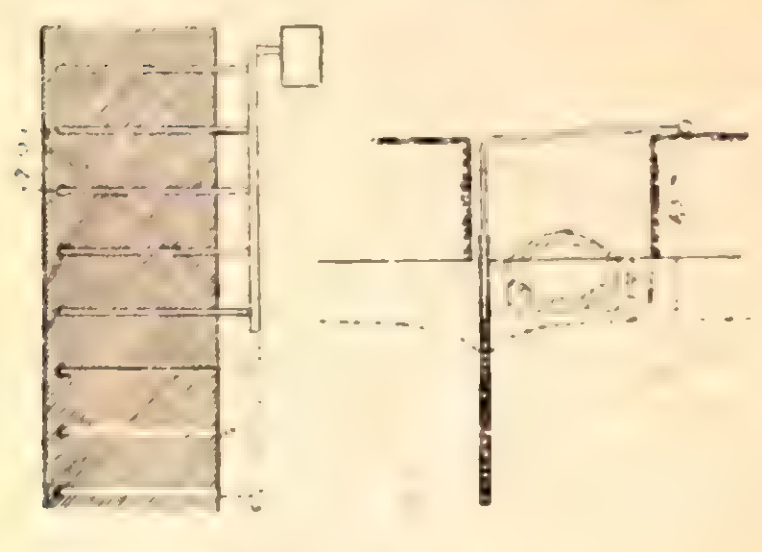
Обратная засыпка рвов должна вестись тщательно горизонтальными слоями, толщ. не свыше 0,20 *м*; особенное внимание нужно обратить на засыпку первого слоя, чтобы не повредить уложенных керамиковых труб, так как замена поврежденных труб требует много времени. Каждый слой в целях скорейшего уплотнения должен поливаться водой и тщательно трамбоваться тяжелыми трамбовками весом около 30 *кг*.



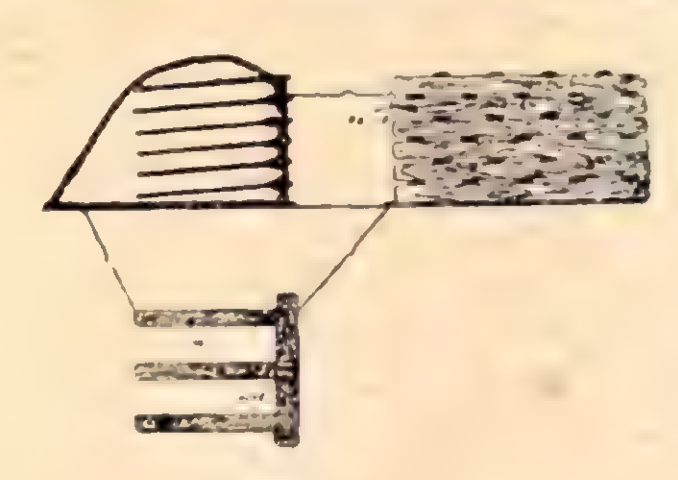
Черт. 139.

В целях ускорения канализационных работ в С. Ш. С. А. применяют их механизацию. Для рытья рвов употребляются тракторы, приводимые в движение установленными на них двигателями (черт. 142).

Подобные машины могут разрабатывать рвы, шириною от 0,85 до 1 *м* и глубиной до 6,5 *м* и заменяют собой работу 50 человек. Их производительность изменяется обратно пропорционально глубине рвов: для рвов с глубиной 5—6 *м*—250 *кб. м* в час, а с глуб. 3 *м*— до 800 *кб. м*. Для обслуживания машины требуется 1—2 чел. в зависимости от ее размеров. Помимо непосредственной выгоды, получаемой от применения подобных машин и определяемой в Америке приблизительно в 40—50% экономии, можно в некоторых случаях не прибегать к креплению стенок рвов, если они могут выстоять без обвалов в течение 6—7 дней — срока, в который можно закончить укладку труб, ведя ее непосредственно за вырытием рвов; вследствие сокращения



Черт. 140.



Черт. 141.

расходов по укреплению рвов получается также значительная экономия. Для засыпки рвов и трамбования земли в Америке так же прибегают к специальным машинам. Засыпка производится посредством „стругов", приводимых в движение 10-сильными двигателями; рабочей частью этих машин является широкая доска, которая для исполнения своей работы вставляется в вынутый грунт, а затем при поперечном перемещении по отношению ко рву придвигает землю к краям рвов, откуда земля сбрасывается вручную.

Подобные машины, заменяя собой работу 14 человек, вырывают в течение 10 часов рвы, длиной 65 *м*, шириной 0,85 *м* и глубиной 3,5 *м*.



Черт. 142.

Трамбовочные машины представляют собой механизм, передвигающийся по рельсам посредством газолинового двигателя; основной частью этих машин служит стержень с трамбовкой, который, перемещаясь в вертикальном направлении вверх и вниз, может делать до 50 ударов в минуту при высоте под'ема около 0,60 *м*. Длина этих стержней выбирается в зависимости от глубины рва; так, для рвов, глубиной 2,70 *м*, достаточно иметь стержень длиной 3 *м*, для рвов в 3,5 *м* — длиной 5 *м* и т. д. Двое рабочих, пользуясь трамбовочной машиной, могут в час обработать площадь от 80 до 120 *кв. м*.

Устройство туннелей для водостоков не может встречаться в поселковой практике, вследствие чего мы не будем останавливаться на этом вопросе.

Литературные источники:

1) Kress. — Der heutige Stand des Grundwasserhaltungsverfarhen und seine Bedeutung für die Freigründungstechnik, 1914.
2) Schenton. — Expeditons Methods in Trench work, Surveyor, 1913.

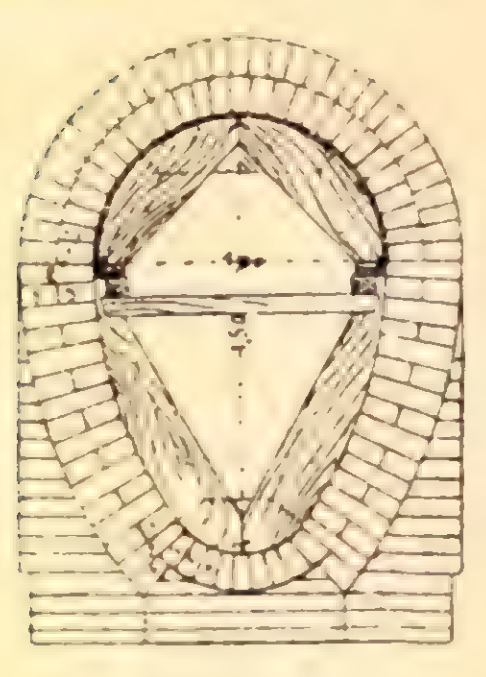
§ 55. Постройка каналов и укладка труб. Постройка самих кирпичных каналов идет непрерывно за вырытием рвов.

Для большей успешности работ по прокладке коллекторов необходимо распределить рабочих на группы, при чем поручить каждой группе специальную работу. Впереди работают 2 партии рабочих, из коих одна занимается разработкой и креплением рвов, а другая удалением земли из рвов. Затем, последовательно работают 3 партии каменщиков, из коих первая работает по устройству подошв во рвах или по укладке изготовленных наверху подошв рвов, вторая занимается устройством щековых частей каналов и третья — устройством сводчатых частей. При благоприятных условиях артель из 4 каменщиков и 4 подносчиков, по данным проф. Бюзинга, может в сутки сделать известное количество погонных метров каналов, как это можно видеть из следующей таблицы 13

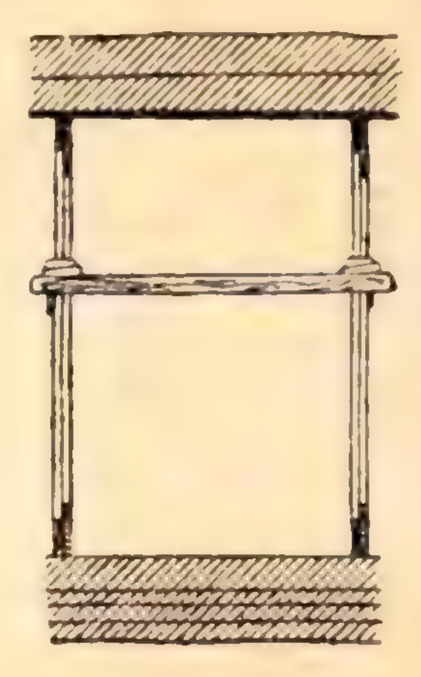
Таблица № 13.

Круглые каналы.	Овоидальные каналы.	Протяжение каналов в пог. метр.	Круглые каналы.	Овоидальные каналы.	Протяжение каналов в пог. метр.
Диаметр.	Размеры.		Диаметр.	Размеры.	
0,500	0,7 /1,05	12—15	0,750	1,0 /1,25	6—8
0,625	0.84/1,26	9—12	0,875	1,16/1,74	4—6

Само собой разумеется, что эти цифры имеют приблизительное значение, так как на них могут оказать влияние многочисленные факторы: борьба с грунтовыми водами, укрепление рвов, устройство оснований, состояние погоды и т. п.



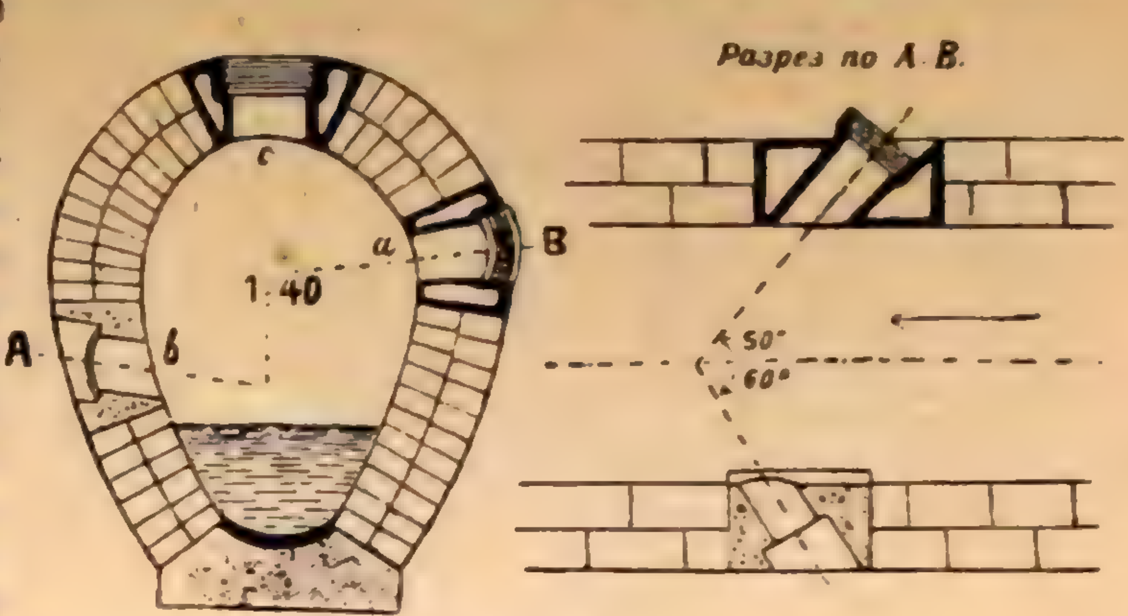
Черт. 143.



Черт. 144.

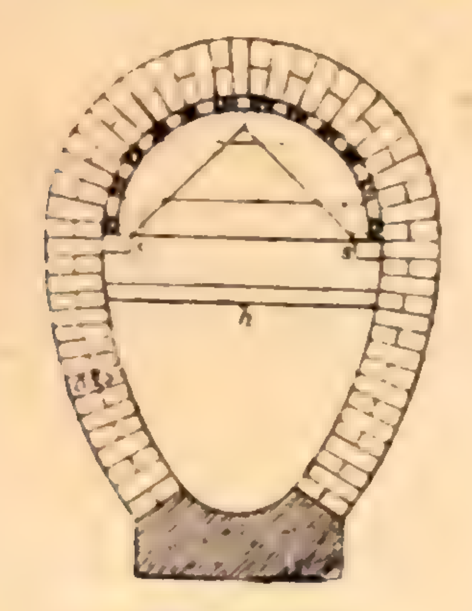
При устройстве кирпичных каналов обращается особое внимание на **правильность укладки подошв каналов по оси рвов на заданной глубине**, так как ошибка в **уклоне** дна каналов может повлечь за собой **изменение отводоспособности каналов**. Поэтому, по окончании устройства подошвы до устройства щековых частей каналов необходимо произвести ее тщательную нивеллировку; оконченные подошвы перекрываются продольными досками во избежание загрязнения от цементного раствора. Для

устройства щековых и сводчатых частей устраивают деревянные кружала (черт. 143—144). Во время работ по устройству щековых частей вставляются в назначенных местах керамиковые или бетонные патрубки для присоединения домовых ответвлений и соединительных труб (черт. 145) от дождеприемников. Все швы внутренней поверхности водостоков тщательно расшиваются. Для кружал, которые делаются для сводов, устраиваются деревянные барабаны, из строганных досок, длиной 1,5—2 *м*; на этих кружалах отмечаются места для установки различных

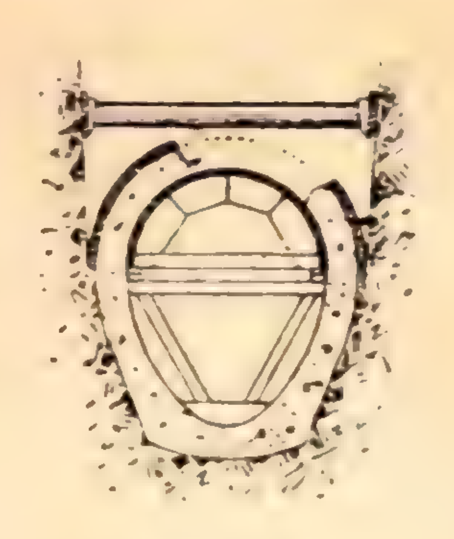


Черт. 145.

сортов лекального кирпича, который, как упоминалось выше, находит себе применение при постройке небольших каналов. После того, как прошло время, необходимое для отвердения цементного раствора (28 дней), заполняют часть рва над сводом, на высоту до 0,30 *м* песком, который после осадки плотно уплотняется; вслед за этим производится дальнейшее за-



Черт. 146.



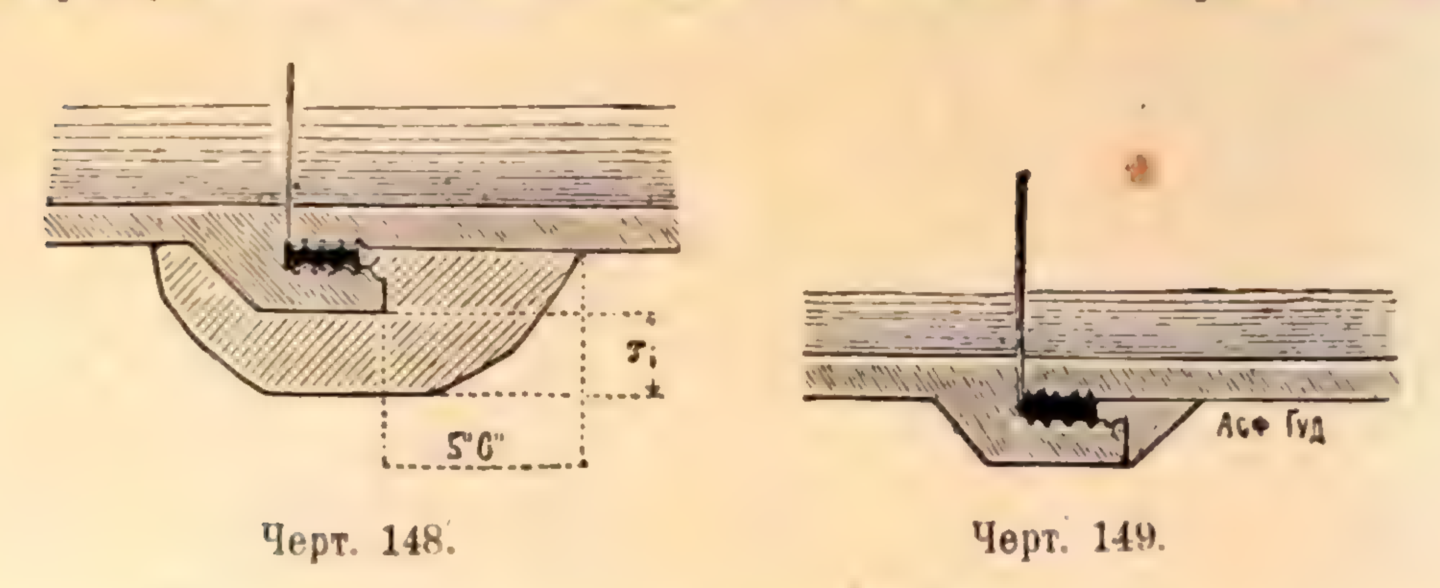
Черт. 147.

полнение рвов слоями 0,20—0,30 *м*, которые плотно трамбуются. Уже после этого удаляются клинья из-под кружал и они перемещаются на соседний участок.

При устройстве небольших каналов кружала устанавливаются на выступающих кирпичах S (черт. 146), которые после раскружаливания удаляются; вместо кирпичей S можно установить поперечные брусья h, на которых укладываются продольные брусья, поддерживающие кружала. Свободное пространство между наружными стенками канала и рва заполняют песком, или вынутым грунтом, но при этом производится тщательная трамбовка; в слабых грунтах каналам или дают контрфорсы,

или же заполняют бетоном промежуток между стенками рва и канала. Лежащие на водосточных линиях смотровые колодцы и камеры для различных назначений лучше делать одновременно с каналами.

Для устройства бетонных каналов пользуются железными или деревянными формами, которые устраиваются или двойными или же одиночными, если вместо второй стенки можно воспользоваться стенками рва (черт. 147). В случае применения двойных форм, наружные стенки рвов должны быть между собою раскреплены; этим достигается неподвижность форм для бетонных каналов. Бетонную массу тщательно втрамбовывают в промежутки между хорошо выравненными стенками рва, играющего роль наружного кожуха, или в промежутки между стенками формы и чугунным или деревянным, обитым железом или цинком, сердечником, имеющим форму внутреннего очертания коллектора. Сердечник (длиной 2—3 *м*) опирается одним концом в оконченную часть коллектора, а другим в раму, установленную поперек рва. По окончании набивки и достаточном затвердении бетона

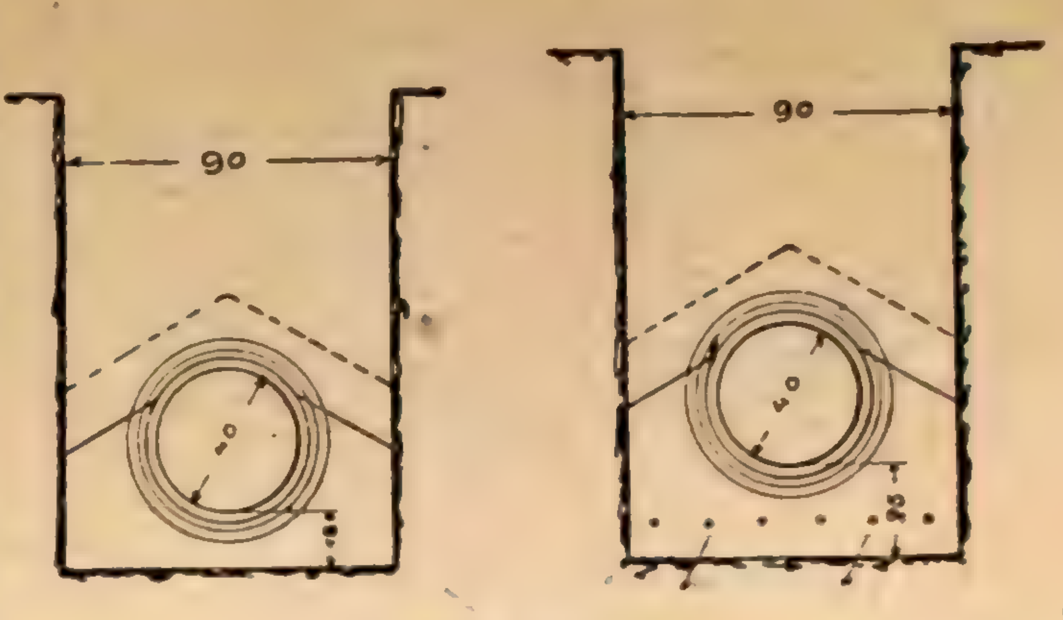


Черт. 148. Черт. 149.

сердечник вынимается и свободный конец его устанавливается на раму, передвинутую вперед на длину сердечника. При подобном способе производства работ следует обратить особенное внимание на тщательную трамбовку бетона слоями в 0,125—0,2 *м*, что иногда бывает затруднительно, особенно в узких рвах около дна, а потому лучше и для бетонных каналов применять готовые подошвы, обделанные керамиковыми плитками.

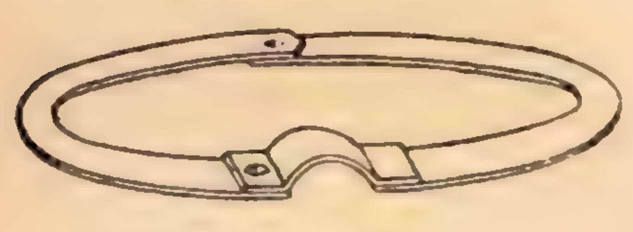
Простейший способ заделки керамикового стыка представляет собой соединение его на глине. Для этой цели обвертывают конец трубы пеньковой смоляной прядью и уплотняют его посредством особого инструмента „конопатки"; после этого его заделывают слоем жирной, хорошо перемятой глины, толщиной в 7,5 сант. и шириной 20—22,5 сант. (черт. 148). Как показали наблюдения, при применении глиняного стыка обнаружились недостатки: разрушение под действием грунтовых вод и порча корнями деревьев, тянущихся к воде в трубах. Последний фактор имеет особенно важное значение для поселков, где можно ожидать развития растительности. Этим и об'ясняется, что в практику постройки канализационных сетей вошел асфальтовый стык, где вместо глиняной обмазки употребляют или асфальтовый гудрон (1 ч. гудр. и 3—4 ч. асф.) или асфальтовую замазку, изготовляемую на химических заводах (черт. 149).

Приготовление асфальтового стыка требует особого внимания, для чего нужно следить, чтобы муфты и хвосты труб были бы сухи (обогревание их паяльной лампочкой). В водоносных грунтах трудно сделать асфальтовый стык прочным. В этих случаях следует уложить трубу на бетонных или жел.-бет. подушках, а самый стык обделать цементом с небольшой примесью песку, как показано на чертеже пунктиром (черт. 150).

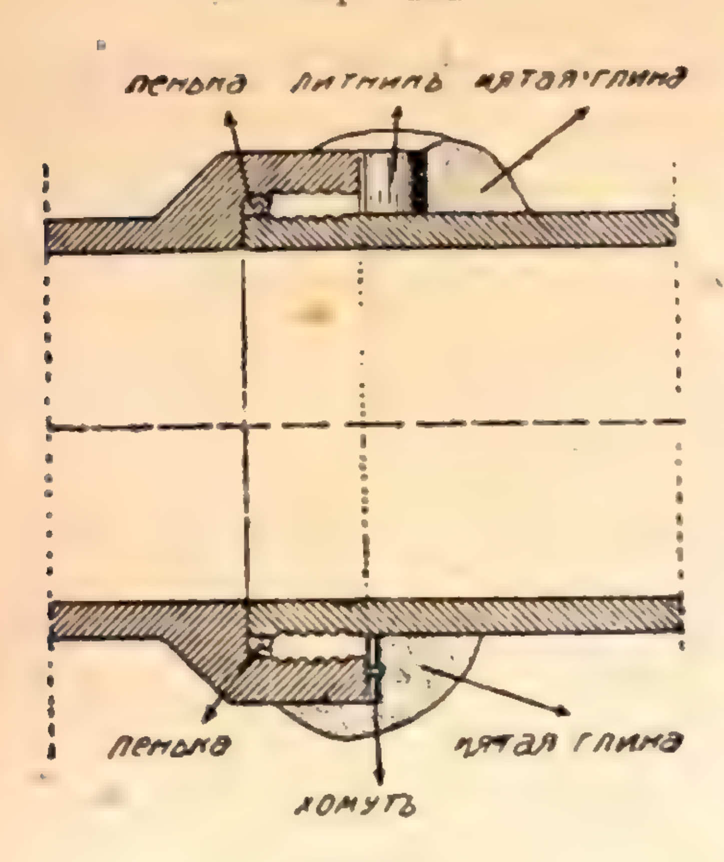


Черт. 150.

Заливка стыка керамиковых труб производится после одевания на трубу железного хомута с дугообразной пластинкой для образования отверстия для заливки (черт. 150) внутренняя сторона хомута покрывается глиной, чтобы к нему не прилипала асфальтовая замазка. Способ изготовления стыка ясно виден из черт. 151.



Черт. 151.

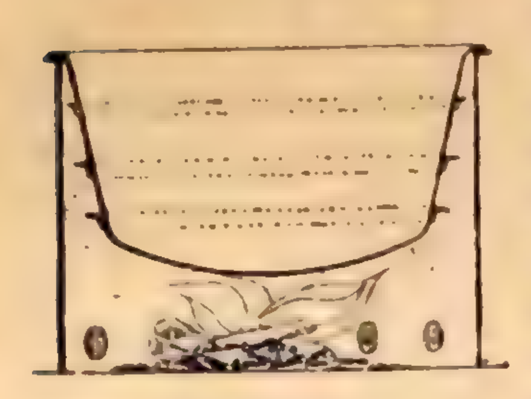


Черт. 152.

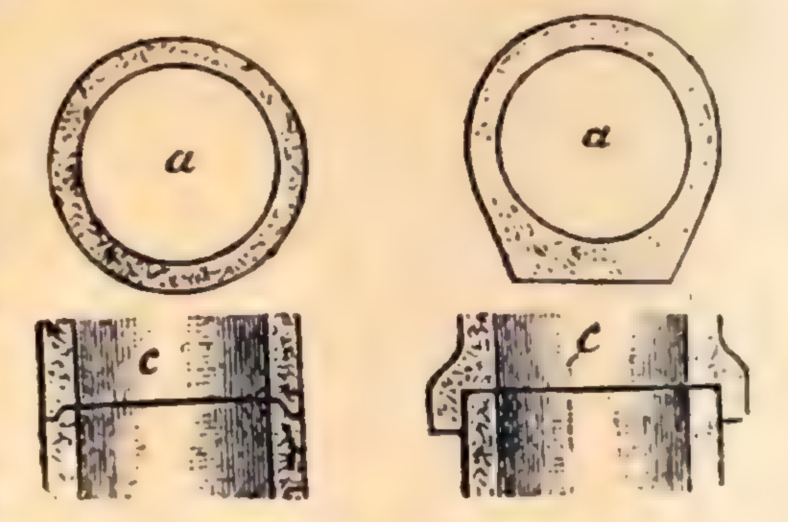
Застывание стыка происходит через несколько минут. При производстве работ зимой необходимо подогревать трубы, чтобы не было быстрого охлаждения. Тип котла для изготовления замазки, примененный для постройки канализации в Киеве, показан на черт. 152. Бетонные трубы соединяются между собой посредством фальцев, глубина которых меняется в зависимости от диаметра труб от 15 до 60 *мм*, или раструбов (черт. 153). При укладке внутренняя поверхность раструба или фальца смазывается раствором цемента после чего в них вставляется узкий конец следующей трубы. Стык бетонных труб смазывается и с внешней стороны слоем цемента, особенно при фальцевом соединении. Жесткий стык бетонных труб требует для них надежного естественного или искусственного основания. Стык железо-бетонной трубы, диам. 600 *мм* (г. Днепропетровск)

показан на черт. 154, арматура ее состоит из круглых прутьев, диам. 6 и 9 *мм.*

§ 56. Разбивка и производство работ по укладке труб и каналов. Перед приступом к канализационным работам необходимо сначала произвести тщательную разбивку намеченных по предварительному проекту водосточных линий. Для этой цели сначала посредством угломерных инструментов, вешек и стальной ленты устанавливаются центры намеченных по проекту смотровых колодцев, каковые закрепляются деревянными колышками, забиваемыми в уровень мостовой. Над этими колышками устанавливаются рамы в виде досок, прикрепленных к 2 столбикам, заделанным в мостовую; на верхние ребра рам переносится с колышка центр колодца и в этой точке забивается гвоздь; от центрального гвоздя забиваются в обе стороны на заданное расстояние два других гвоздя, устанавливающие собой ширины для канализационных рвов; протягивая между двумя соседними рамами проволоку или шнур, мы получаем возможность приступить к разборке мостовой и последующему рытью рвов.

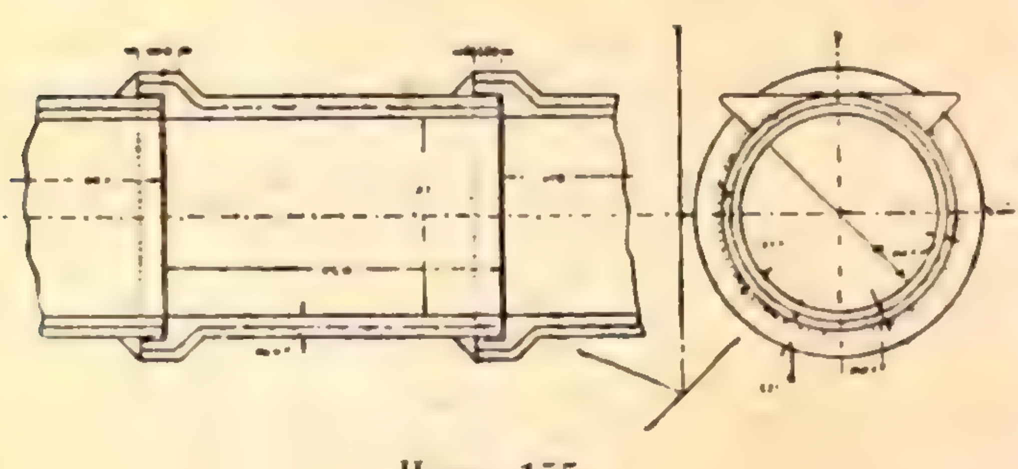


Черт. 153.



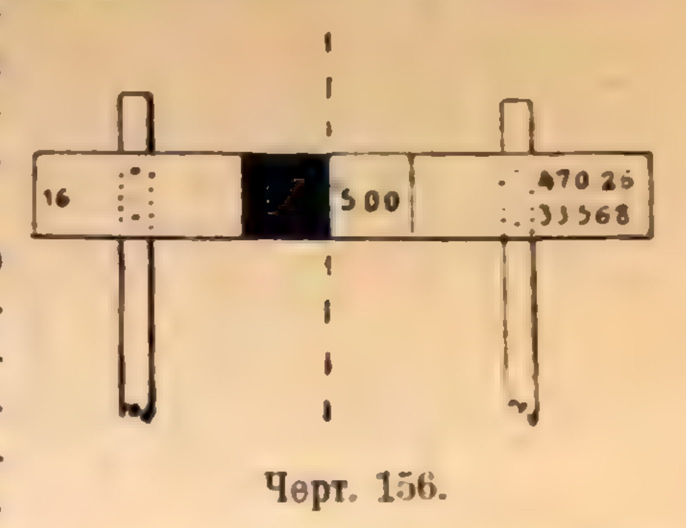
Черт. 154.

Площадь разборки мостовой увеличивается на 0,1 *м*, с каждой стороны рва для того, чтобы камни мостовой не могли бы попадать во рвы и причинять повреждения рабочим и трубам. Рамы, служащие для назначения ширины рвов, могут с успехом служить и для прикрепления неподвижных визирок. В этом случае на визирных дощечках помещают отметки поверхности улиц и дна рвов и пикетаж, благодаря чему можно быстро проверить правильность и количество сделанных работ. Так, напр. на показанной на черт. 155 визирке обозначен с левой стороны ее номер, считая от начала работ (16); черная полоска точно определяет ось канала, рядом с ней вписывается глубина заложения дна колодца (5,00), а с правой стороны общее расстояние от начала работ (470,26), а под ним отметка поверхности мостовой (33,568). При



Черт. 155.

производстве земляных работ по устройству рвов необходимо в случае надобности укреплять их стенки соответственными способами, описание каковых дано нами выше. Рвы не должны выбираться сразу по проектному очертанию, во избежание перебора в стенках, а в особенности во дне рва. Поэтому окончательная зачистка стенок производится перед установкой крепей, а зачистка дна — перед укладкой труб. Если же на дне рва вследствие небрежности окажется перебор, то необходимо или сделать подсыпку из песку и тщательной утрамбовкой и поливкой или втрамбовать кирпичный щебень для уплотнения грунта или же прибегнуть к тощему бетону.

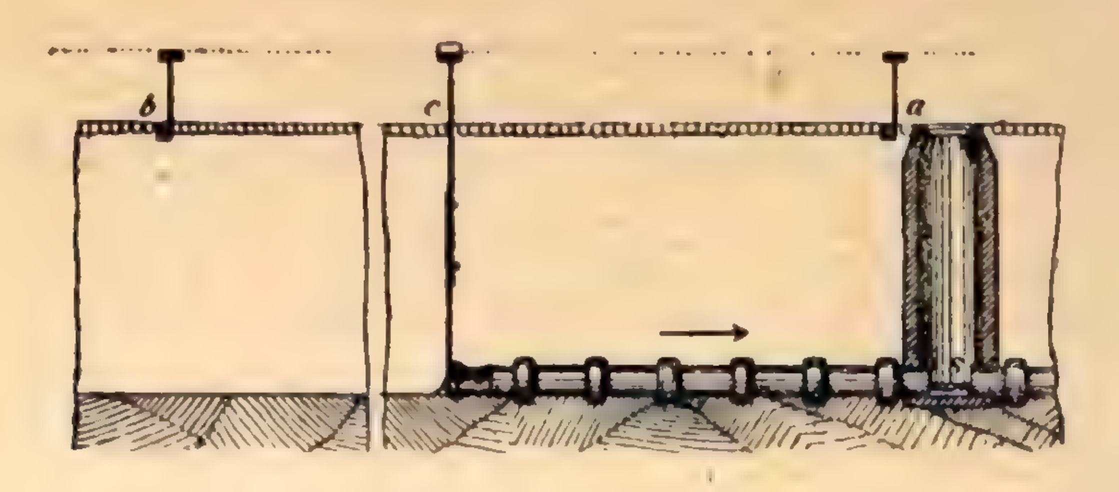


Черт. 156.

По окончании земляных работ по рытью рвов и установке крепей переходят к заложению дна лотков смотровых колодцев. При таком приеме, заключающем в себе параллельное сооружение канализационных линий и колодцев, примененном в Москве, Харькове и Екатеринославе, удается безусловно сократить общий срок для производства канализационных работ в городе. Для точного заложения лотков сначала забивают в центре колодца деревянный колышек, длиной 0,20 *м*, и в него ввинчивают обыкновенный шуруп, длиной 7,5 *см*. Точная установка шурупов производится или посредством нивеллировки с постоянных реперов или же после проверки вторичной нивеллировки неподвижных визирных дощечек посредством измерений от последних. В результате измерений головка шурупа должна соответствовать поверхности дна лотка закладываемого колодца. После установки шурупов производят набивку дна для колодцев. Вследствие важности правильного заложения лотков при постройке 1-ой очереди канализации г. Москвы, производящиеся для этого измерения заносились в ведомости следующего характера.

№ бассейна.	Нивеллирные отметки колодцев и труб, заложенных в колодцах И............. ....мес.......дня..... ......189 года.								
	Название проездов.	У каких владений.	№№ колодцев.	Отметки дна колодцев.	Отметки заложен. труб.	Отметки люка колодцев.	Расстоян. от соседн. колод.		Примечание.
							Нижн.	Верхн.	

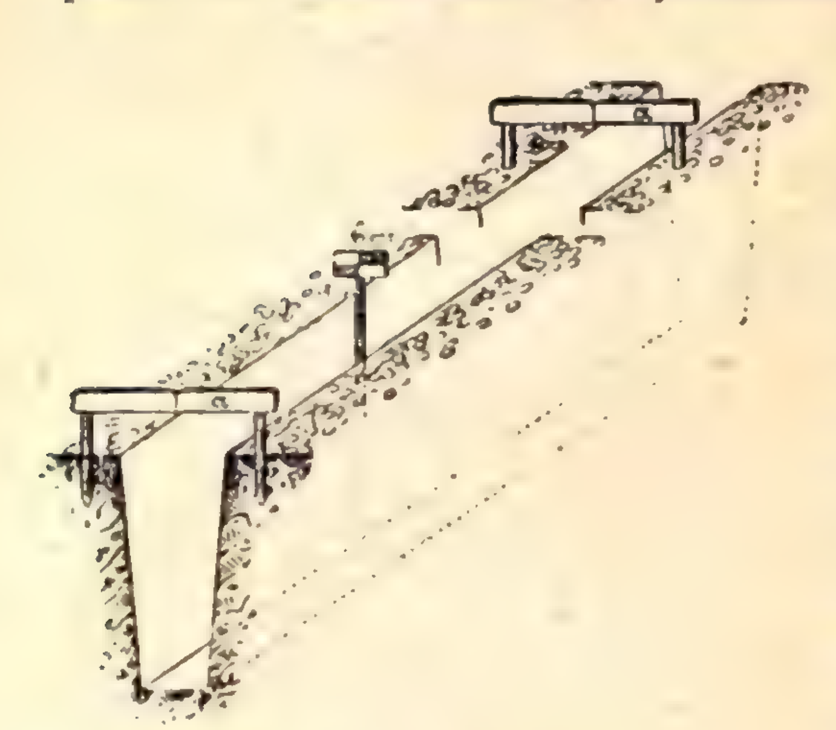
После изготовления лотков приступают к проверке правильности уклона дна вырытых рвов между двумя смежными лотками. Эта проверка производится посредством визирных дощечек, из коих две *a* и *b*, будучи прикреплены к заделанным в мостовую поперечным брускам, устанавливаются неподвижно, а третья визирка *c* (ходовая) передвигается между неподвижными визирками и служит для проверки непра-



Черт. 157.

вильностей дна (черт. 157). Эта ходовая визирка может быть снабжена ножками для лучшей установки ее на дно колодцев.

Визирки в этом случае установлены строго по продольной оси рвов, но обыкновенно их устанавливают поперек рва (черт. 158), как уже об этом мы говорили выше; протягиваемый между неподвижными визирками шнур или проволока облегчает визирование, давая возможность проверять отметки дна посредством отвеса. На черт. 159 показаны типы неподвижных визирок, из коих первый применялся для больших уклонов, а второй для маленьких.

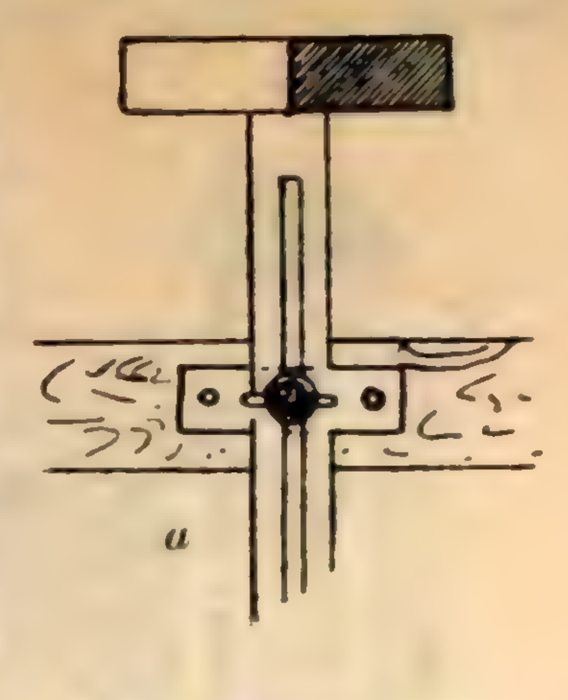


Черт. 158.

Укладку труб ведут снизу вверх, при чем раструбы труб обращаются против течения. Для соединения труб один рабочий (укладчик) вырывает в дне рвов при помощи особых лопаточек углубление для раструбов керамиковых труб и придерживает руками раструб уже уложенный, в то время, как другой рабочий (помощник укладчика) вдвигает обмотанный на верху рва конец новой трубы в раструб предыдущей; после этого проверяется правильность укладки трубы визировщиком, находящимся на верху котлована, при чем производится или сѳемка излишнего или подбивка недостающего количества земли, а затем уже уплотнение пряди конопаткой и заливка стыка.

Сверх того при рвах находятся один-два рабочих, которые подают трубы и материалы для заполнения.

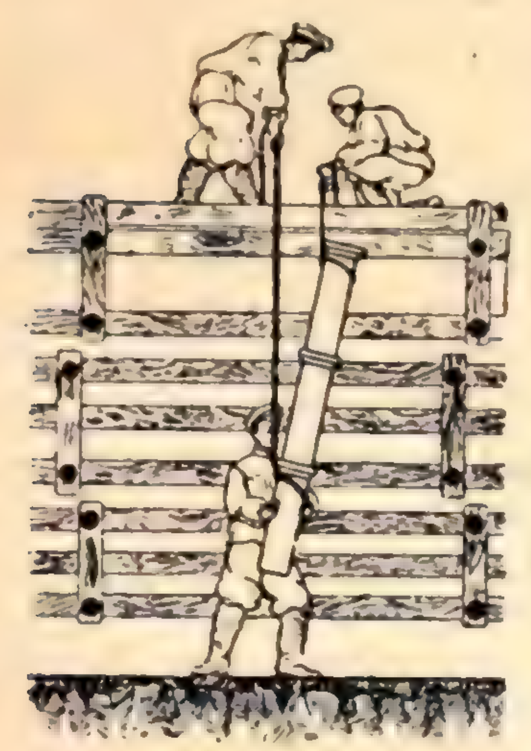
Такой способ соединения, конечно, возможен в сухих грунтах; в водоносных же приходится во все время производства работ поддерживать горизонт грунтовых вод ниже дна рвов одним из вышеприведенных способов. В целях ускорения работы по прокладке водосточных линий устраивают соединение 2 — 3 труб между собой наверху котлована и образованные таким образом „стоянки" спускают по затвердении стыков. При спуске стояков во рвы обвязывают их веревками и спускают их в почти вертикальном положении подобно тому, как это показано на черт. 160. Устройство стояков применимо лишь для труб, диаметром 20—30 сантим., вследствие значительного веса у труб больших диаметров.





Черт. 159.

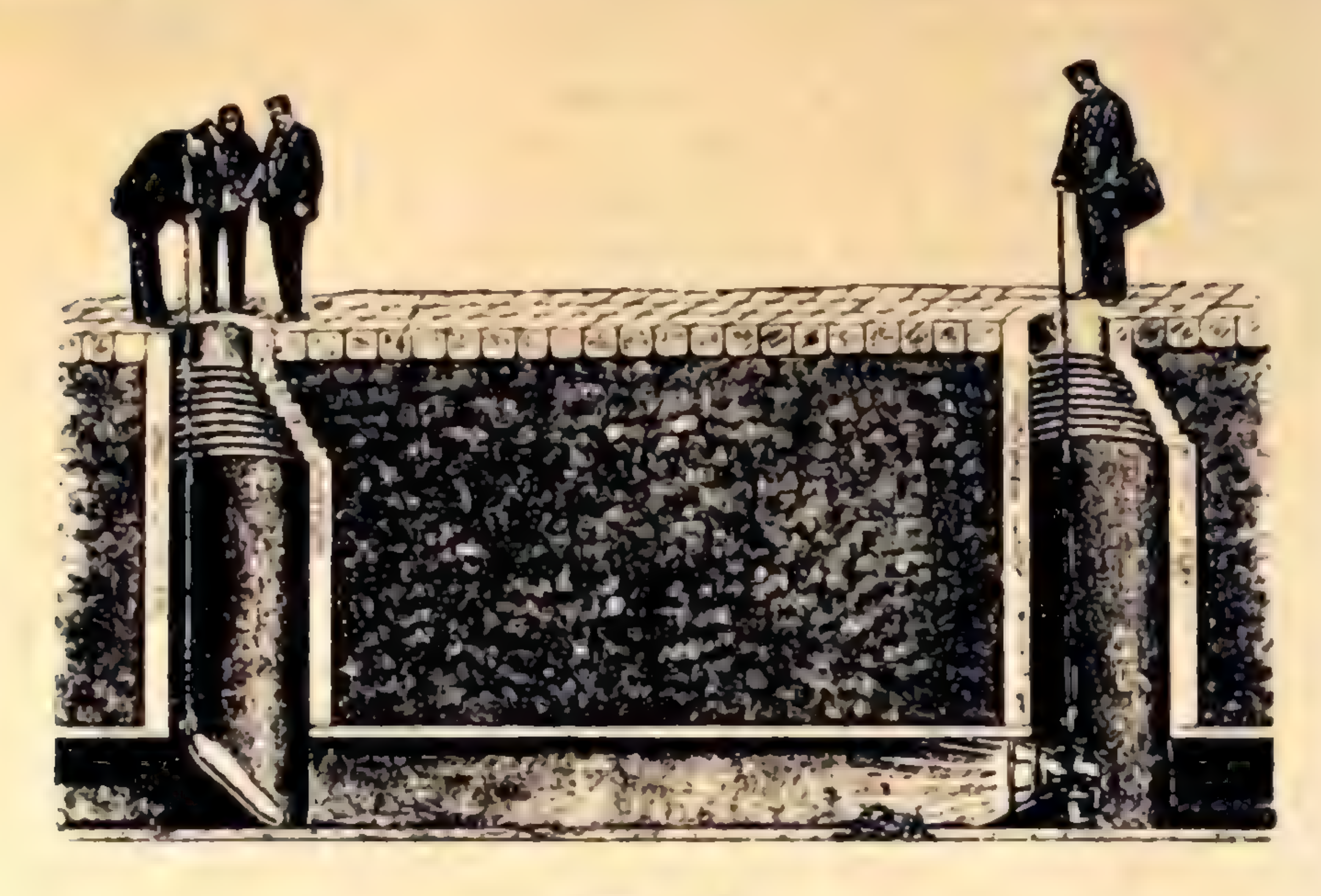
Для лучшего направления укладки труб в смотровом колодце устанавливаются светлогорящие (ацетиленовые) лампы с рефлекторами, которые, освещая внутреннюю поверхность уложенных труб, дают возможность судить о сделанных при работах неправильностях. Постановкой в другом смотровом колодце зеркала под углом 45° можно получить изображение труб и видеть его с поверхности улицы, что имеет важное значение для практики (черт. 161).



Черт. 160.

После окончания работ по соединению труб проверяется нивеллировкой правильность укладки водосточной линии и положение лотков смотровых колодцев. Невязка нивеллировки с проектными отметками по нормам Московской канализации 1-й очереди допускается в 0,004 — 0,008 *м.* Затем повторяется проверка посредством лампы с рефлектором и зеркалом с целью выяснить, представляет ли уложенная линия правильный цилиндр. Лампа при постройке канализации в Харькове и Екатеринославе заменялась двумя зеркалами, из коих одно ставилось на лотке под углом в 45°, а другое служило для направления солнечных лучей в зеркало; в третьем же получалось изображение водосточной линии. После окончания этих испытаний участок подвергается гидравлической пробе и, в случае удачи испытания, начинается засыпка котлована и изготовление смотровых колодцев. При укладке бетонных и железо-бетонных труб, сохраняют силу все приемы, применяемые для

керамиковых труб. Соединение стыков бетонных труб фальцами отнимает меньше времени, чем раструбами. Кроме того, плоская постель бетонных труб облегчает правильность их укладки по сравнению с керамиковыми.



Черт. 161.
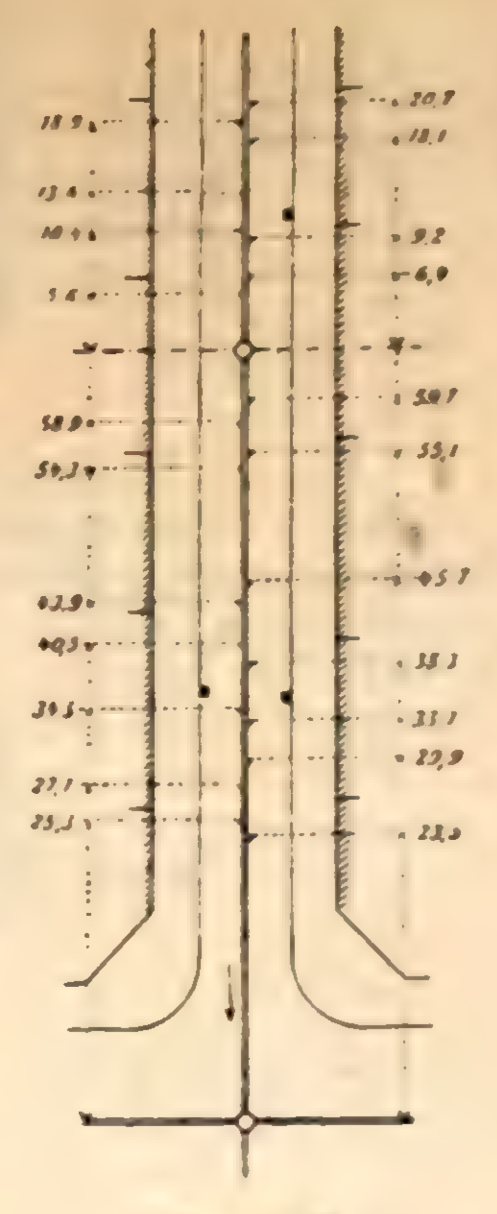
§ 47. Устройство ответвлений для керамиковых и бетонных труб. При постройке канализации приходится в водосточных линиях укладывать различного рода патрубки для присоединения ветвей от домов, дождеприемников, вентиляционных колодцев и пр. Эти патрубки для упрощения работ желательно вводить в сеть одновременно с укладкой самих водосточных линий. Так как работы по присоединению домовых ветвей к уличной канализации производятся лишь после ее окончания и проверки правильности ее действия, то на практике встречается надобность домовые патрубки закрывать особыми крышками, соединяющимися с трубами асфальтовой замазкой или цементом.

Эти крышки не в состоянии выдерживать давление больше 10 *м*, что надо иметь в виду при испытании уже уложенных водосточных линий. До засыпки рвов положение каждого патрубка измеряется точно до оси ближайшего смотрового колодца. Эти цифры заносятся на чертеж (162), где наносится расположение водосточного канала со смотровыми колодцами; соединение таких чертежей дает возможность легко составить исполнительные чертежи уличных каналов.

Также полезно делать отметки о положении ответвлений масляной краской на цоколях или углах домов. При устройстве канализации в новых улицах также необходимо заранее назначать расположение домовых отводов. Устройство ответвлений естественно вызывает уширение рвов, что необходимо иметь в виду при разбивке рвов: наименьшая

необходимая ширина рвов в этом случае будет выражаться формулой $d + 0{,}7$ или $d + 0{,}8$ *м*.

Несмотря на включение патрубков в сеть впоследствии может случиться надобность вставить новые патрубки или вследствие перестройки домов или для присоединения каких-либо новых ветвей от дополнительно устраиваемых колодцев. Такие явления могут особенно часто встречаться в незастроенных или мало застроенных кварталах. При устройстве патрубков в уложенных линиях пользуются седелками, прикрепляемыми к проделанному в трубе отверстию посредством цемента или асфальтовой замазки, при применении какового способа не нарушается эксплоатация сети. Но более простым и надежным соединением является вставка вместо трубы (длиной 1 *м*) патрубка, короткой трубы (коротыша) и надвижной муфты (черт. 163). Этот способ должен применяться во избежание задержки течения воды рано утром, при чем все ответвление должно быть подведено к трубе заблаговременно.



Черт. 162.

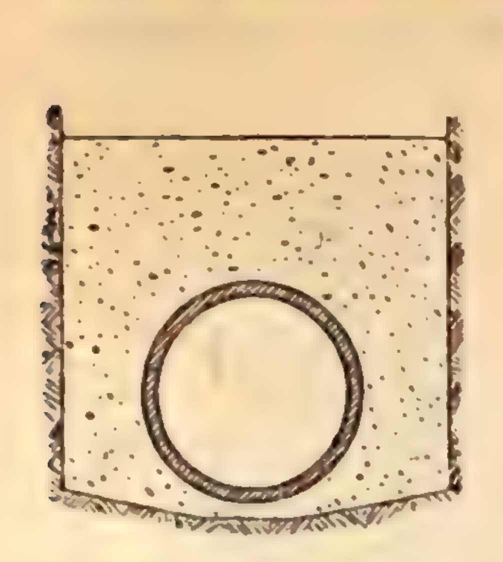
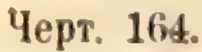
§ 58. Устройство оснований для каналов и труб. При устройстве водосточных каналов малых размеров не требуется искусственного укрепления грунта, так как каналы, будучи заполнены водой, не весят больше об‘ема земли, вместо которой они занимают. Поэтому задача при постройке каналов сводится, главным образом, к созданию равномерной передачи давления грунта и внешней нагрузки на канал; только при постройке средних и больших каналов приходится проверять их размеры на распор от боковых давлений грунтов. Этими соображениями легко об‘ясняется то, что, как для больших каналов, так и для трубчатых линий, рабочее пространство между стенками засыпают на некоторую высоту (до 0,50 *м*) над шелыгой сводов песком (черт. 164).

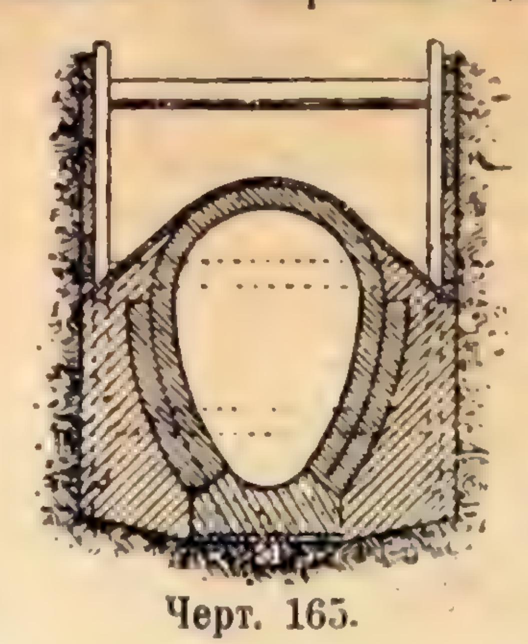
Черт. 163.

Другим средством для уменьшения давления на грунт является или уширение подошвы, путем устройства контр-форсов (черт. 165), или уширение всего сечения в зависимости от степени надежности грунта (черт. 166).

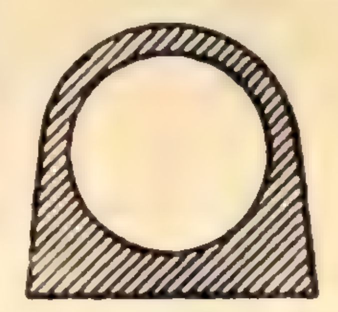
§ 59. Испытание уложенных водосточных каналов. После того, как трубчатые каналы уложены, необходимо проверить их водонепроницаемость, для чего следует подвергать гидравлическому испытанию только участки водосточных линий. Для этой цели являются удобными прием, употребляющийся для испытания водосточных 20 — 30 *см*-вых линий Днепропетровска (б. Екатеринослав).

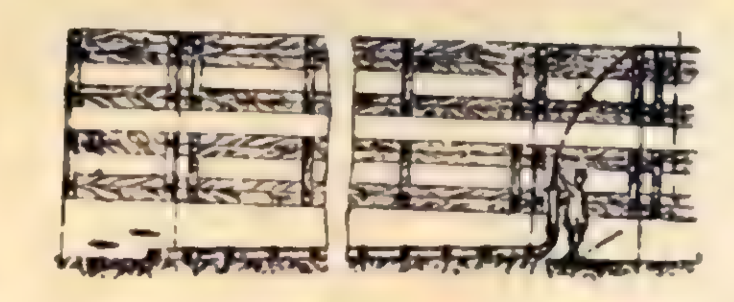
Он заключается в установке в одном конце испытываемой линии цементной пробки, а в другом конце колена с известным числом вертикальных труб в зависимости от избранного для данного случая напора (черт. 167). Вместо пробки, с установкой которой сопряжено отбитие ее зубилом, удобнее употреблять трубу с заглушенным цементом концом (черт. 168).

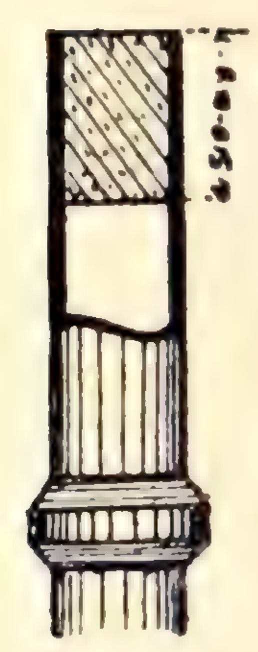


Черт. 164.


Черт. 165.

Сущность гидравлического испытания заключается в замере первоначального уровня в надставке вначале испытания и после истечения известного промежутка времени (10 минут). При многочисленных гидравлических испытаниях в Екатеринославле удалось установить следующее: 1) падение уровня пропорционально длине испытываемого участка и не зависит от его уклона, 2) утечка воды несколько возрастает с увеличением напора, 3) при определении величины утечки следует различать утечку кажущуюся и действительную, при чем первая идет на поглощение воды смоляной конопаткой, а вторая расходуется на утечку через стыки, вследствие чего последние делаются мокрыми. Влияние высоты напора на величину утечки видно из следующего опыта: при напоре в 1,14 *м.* 25-сантиметровая труба дала в минуту 0,001 вед., а при напоре в 3,94 *м* — 0,0015 вед. на 2 пог. мет. линии, т.-е. в 1,5 раза более. Для вывода третьего положения были также проделаны опыты над двумя трубами, с целью установить величину поглощения воды конопаткой, для каковой цели гидравлические испытания проверялись через различные промежутки времени в течение 2 суток.


Черт. 166.


Черт. 167.


Черт. 168.

На основании этих опытов, произведенных при постройке канализации г. Екатеринослава, можно заключить, что с течением времени утечка делается в 2 — 6 раз менее, чем при первоначальном испытании. Норму, которой можно пользоваться по данным Екатеринославских опытов для признания доброкачественности линии на гидравлическую пробу, следует признать в 0,001 — 0,0015 ведра в минуту на 2 пог. метра линии, при величине напора около

1 *м*. Крайне желательно производить гидравлическое испытание и после засыпки, чтобы установить тщательность положения стыков. Каналы больших размеров также желательно подвергать гидравлической пробе, но на практике этого не делается из-за сложности организации испытаний.

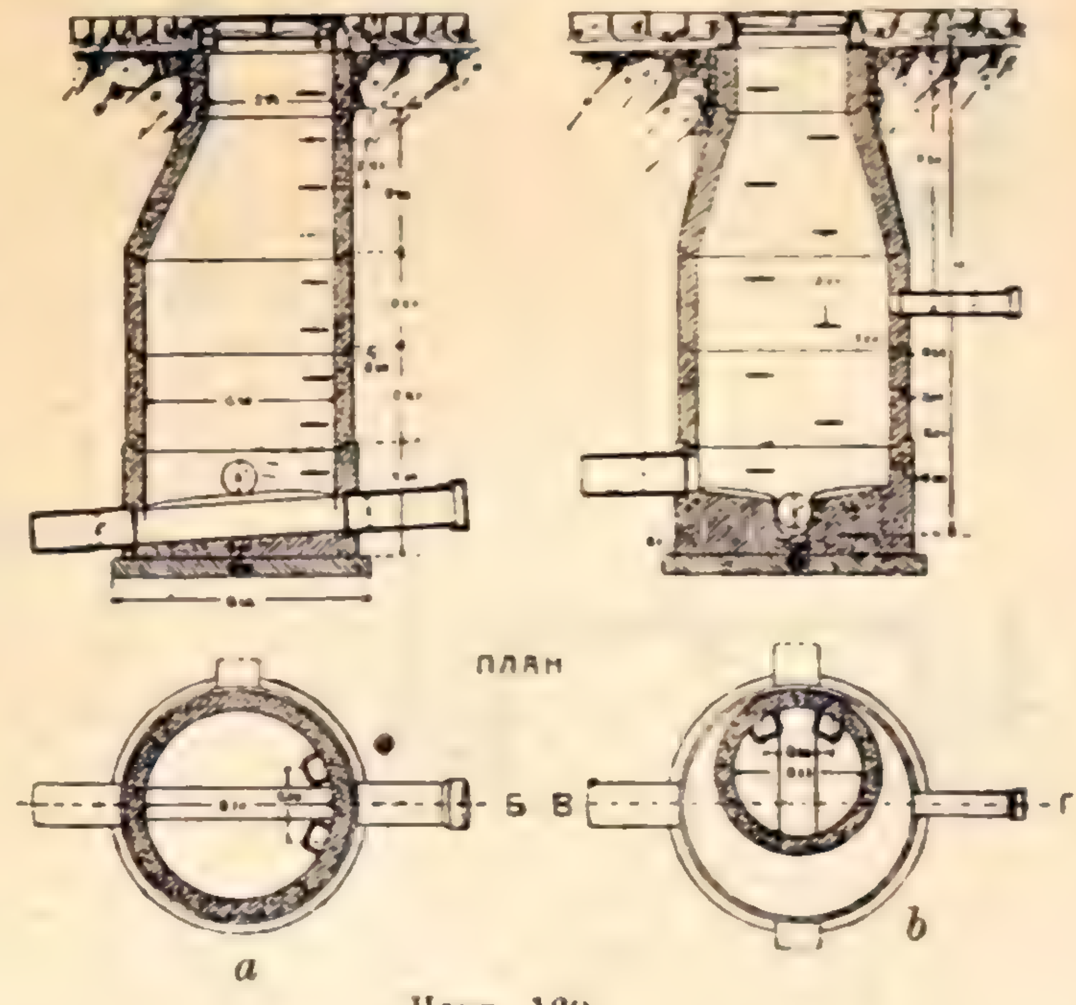
В случаях же сильного падения уровня, указывающего на нахождение в водосточной линии плохой или разбитой трубы, необходимо произвести замену ее новой, а затем подвергнуть линию новому испытанию. Значительное упрощение вместо вставки новой трубы, сопряженной с поднятием соседних труб, достигается употреблением надвижных муфт или полуразрезных труб соответственного диаметра.

ГЛАВА XVIII.

Различные части канализационной сети.

§ 60. Смотровые, соединительные, и перепадные колодцы. Для надзора за работой водосточной сети необходимо устраивать смотровые колодцы на среднем расстоянии от 40—80 *м*; меньшие размеры соответствуют меньшим диаметрам труб и меньшим уклонам поверхности вод. Колодцы устанавливаются во всех пунктах сети, где меняются направления, диаметры или уклоны водосточного канала.

Конструкция смотровых колодцев весьма разнообразна; на нее оказывают, главное влияние конструкции тех водосточных каналов, на которых они устраиваются.



Черт. 169.

Для водосточных трубных линий наиболее практичными оказываются смотровые колодцы, составленные из отдельных труб, диам. 0,6—0,9 *м*, соединенных между собой на шпунтах на цементном растворе. Тип подобного колодца изображен на черт. 169 (Пятигорск). Он состоит из 3 цилиндрических колец, диаметром 1 *м* одного пере-

Черт. 170.

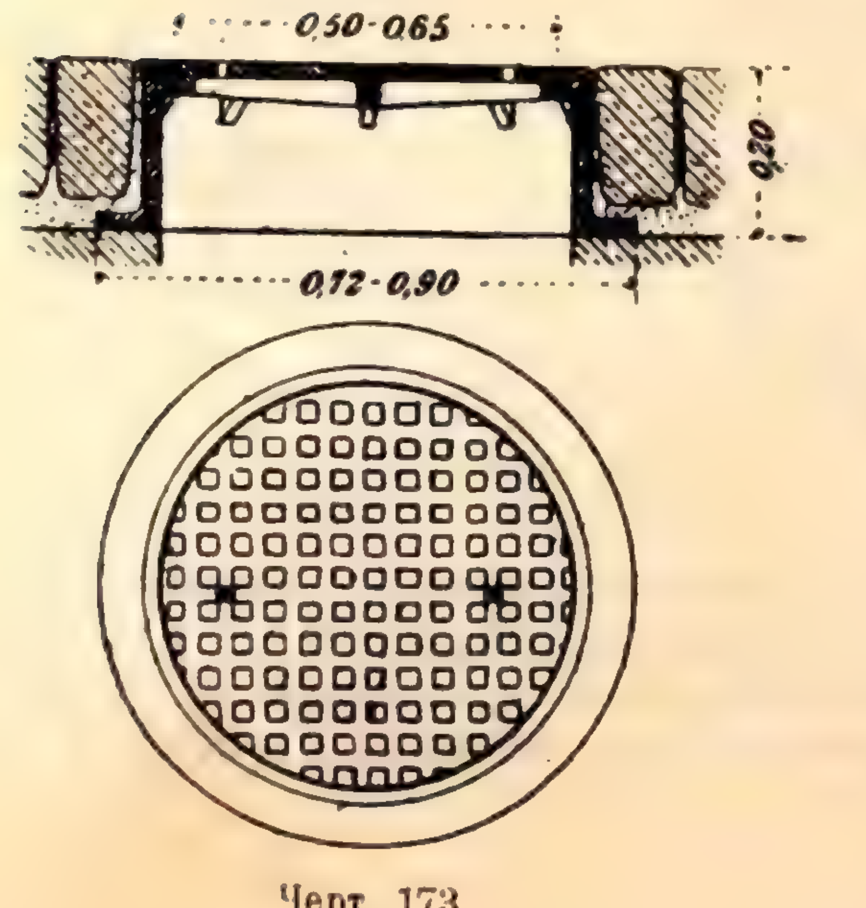
Черт. 171-a.

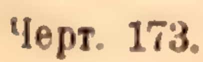
Черт. 171-b.

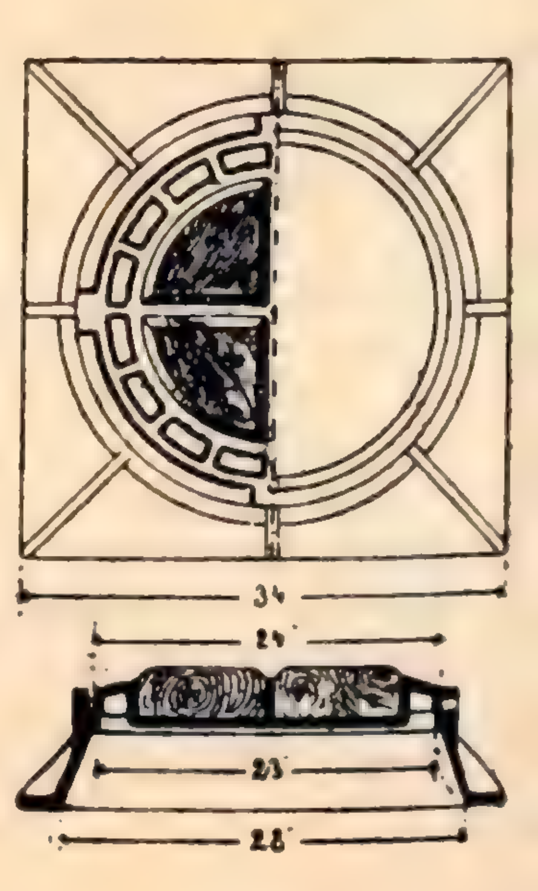
Черт. 172-b.

Черт. 172-a.

Черт. 172-c.



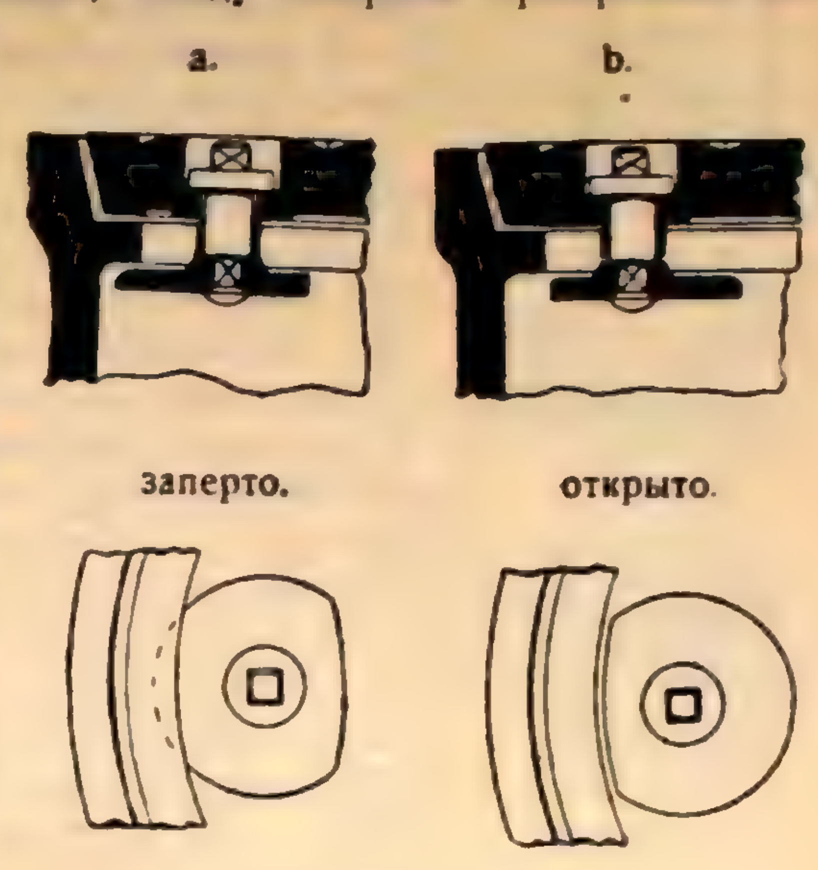

Черт. 173.



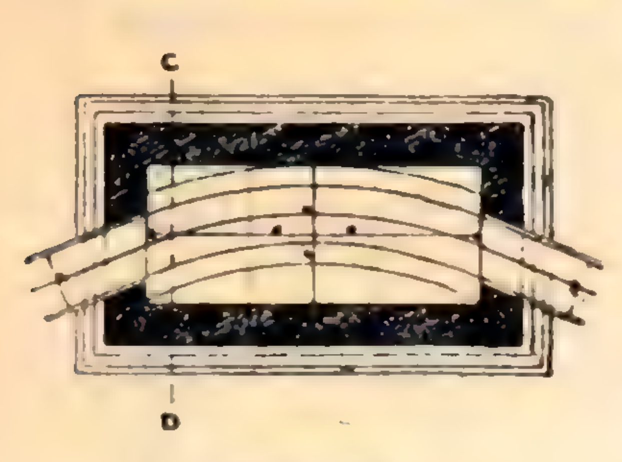
Черт. 174.

ходного конического кольца и верхнего цилиндрического диам. 0,66 *м* толщина стенок нижнего кольца 0,12 *м*, а остальных 0,10. Тип смотрового кирпичного колодца (Москва) расположенного по оси канала, изображен на черт. 170.

Здесь для кольца сделано особое кирпичное основание; входное отверстие закрыто двумя крышками, между которыми пространство заполняется на зимнее время плохим проводником тепла (соломой, навозом). Верхняя часть этого колодца сделана из лекального кирпича. Если каналы имеют размеры большие, чем это требуется для колодца, то применяют тип смотрового колодца с некоторым сдвижением оси; в этом типе основание заменено контр-форсами. На черт. 171 показан тип набивного бетонного смотрового колодца в г. Харькове. Спуск в смотровые колодцы производится посредством заделанных в стенки ступеней. Ступени делаются из чугуна (черт. 172-а и b) или железа (черт. 172-с) и располагаются в шахматном порядке для облегчения спуска. Расстояние между осями ступеней: вертикальное—0,35—0,50 *м*, горизонтальное—0,2—0,3 *м*; чугунные ступени снабжаются насечками для предотвращения скольжения; сделанные в них отверстия дают возможность держаться при спуске.



Черт. 175-а и b.



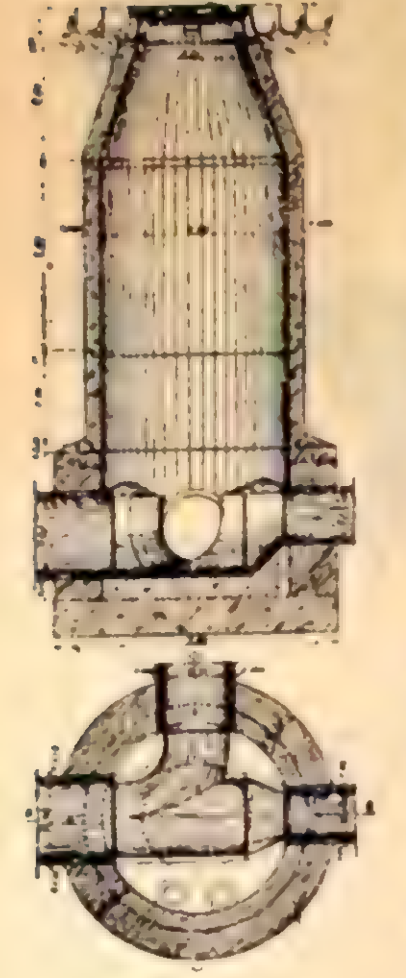
Черт. 176.

Для закрывания отверстий смотровых колодцев употребляются обыкновенно чугунные крышки, прямоугольного или круглого очертания. Для сопряженных с полотном уличных мостовых являются более удобными чугунные крышки. Простейшим типом чугунных крышек является, показанная на черт. 173. Эта крышка, толщ. 20—35 *мм*, снабжена насечками для предотвращения скольжения лошадей и устроена в уровне мостовой во избежание застаивания дождевых вод.

На черт. 174 показан тип квадратной крышки, в середину которой вставлены пропитанные противогнилостным раствором шашки (Москва). Запирание крышек производится посредством поворотных болтов с головками для поворачивания их ключом (черт. 175-а и b).

При переменах направления водосточных линий также устраиваются смотровые колодцы (черт. 176).

Самый поворот делается радиусом равным 5 — 10 ширинам колодца. В случае угла поворота водосточной линии больше 90°, его разбивают на две части и на каждом углу ставят свой смотровый колодец.



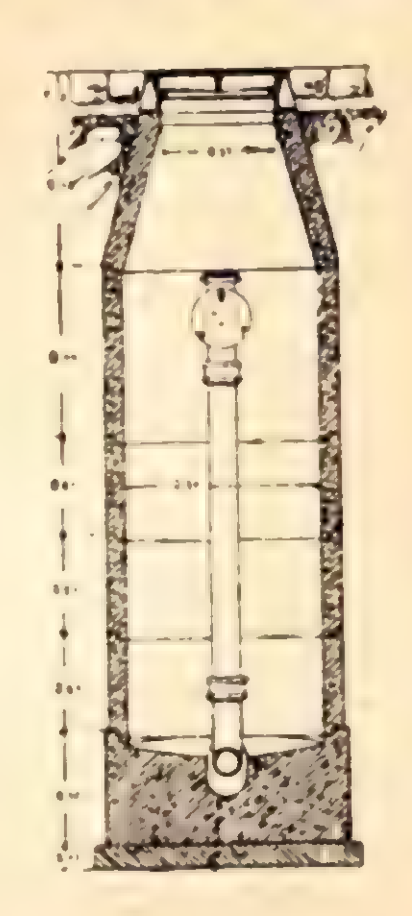
Черт. 177.

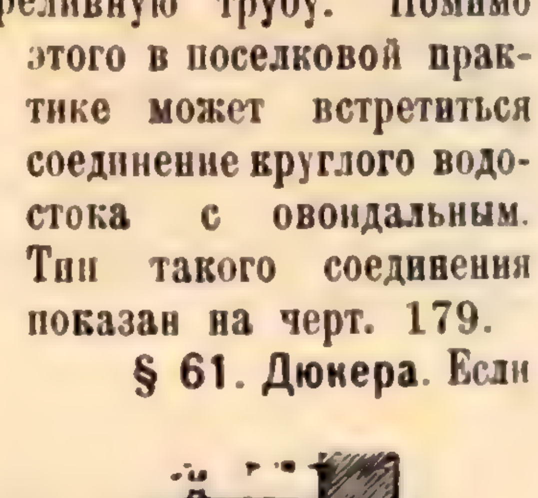
Кроме того, смотровые колодцы необходимы в пунктах соединения нескольких водосточных линий, для чего в нижней части выделываются тройники или крестовины (черт. 177).

В крутых улицах уклон может быть больше уклона, дающего максимальную скорость; поэтому приходится придавать каналам предельные уклоны и для достижения необходимой глубины заложения прибегать к устройству особых перепадных колодцев, в которых между собой соединяются каналы, находящиеся на разных высотах.

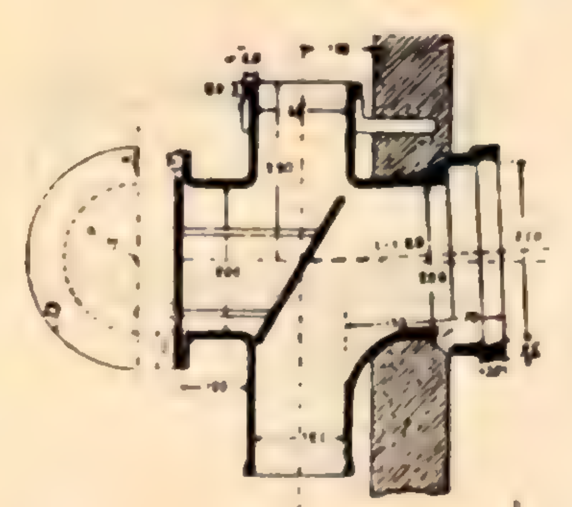
Наиболее подходящим для канализации поселков является тип американского перепадного колодца, примененного в г. Пятигорске (черт. 178-а). В этом типе соединение между водосточными линиями сделано в виде вертикальной чугунной трубы, помещенной в самом колодце. На конце верхней водосточной трубы установлена фасонная часть, снабженная прочистным отверстием, запираемая фланцем (черт. 178-b). Косой выступ в этой части служит для направления течения жидкости в вертикальную переливную трубу. Помимо этого в поселковой практике может встретиться соединение круглого водостока с овоидальным. Тип такого соединения показан на черт. 179.

§ 61. Дюкера. Если





Черт. 178-а.

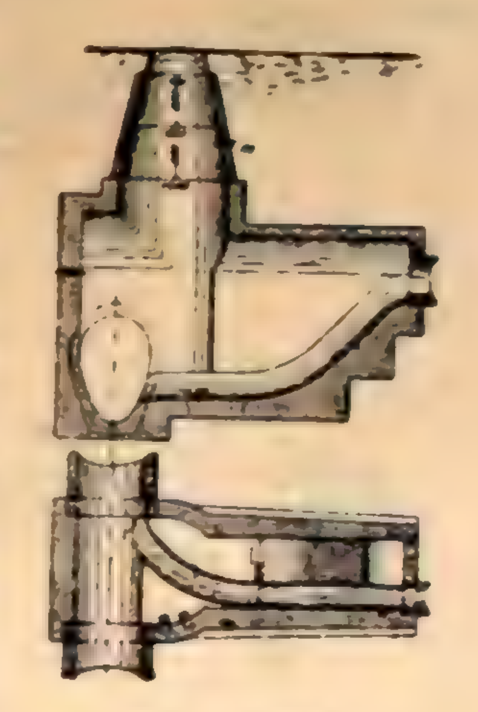


Черт. 178-b.

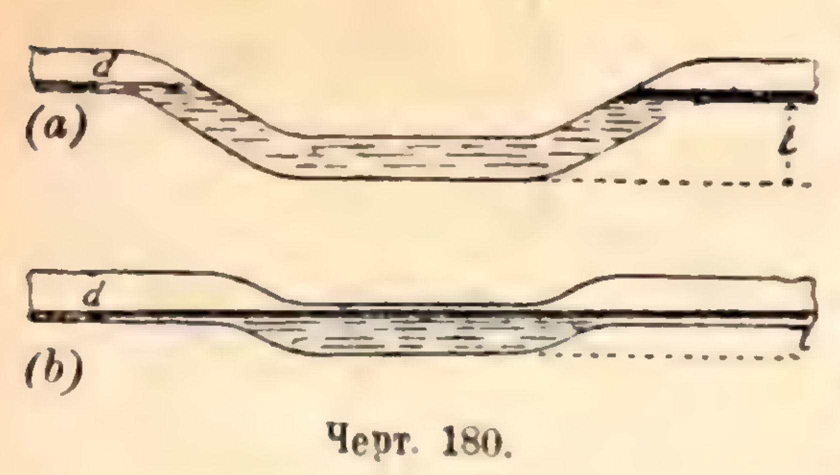
коллектор встречает на своем пути водный проток или овраг или другой коллектор, то эта часть коллектора может быть устроена в виде **дюкера** или **сифона**. **Дюкера** представляют собой изогнутую в виде буквы *U*

часть коллектора, горизонтальная часть которой лежит на дне водного протока или ниже дна. При устройстве дюкера могут быть 2 случая: полного и неполного заполнения дюкерных труб.

Первый случай (черт. 180-а) встречается при пересечениях с реками и оврагами, а второй (черт. 180-b) при пересечении с другими коллекторами, лежащими с ними на одной плоскости. Дюкера представляют собой конструкции недоступные для осмотра, поэтому при их устройстве применяется ряд мер, имеющих целью обеспечить постоянное движение сточных вод без закупорки сечения дюкерных труб. Для этой цели прежде всего пред началом дюкера устраиваются осадочные колодцы (грязеловки), снабжаемые решетками для выделения плавающих веществ. Далее, устраивают при дюкерах приспособления для их промывки речной, водопроводной или сточной водой и, наконец, при расчете придают дюкерным трубам, по возможности, меньшие сечения для обеспечения достаточной скорости. В некоторых дюкерных устройствах для удобства их промывки или прочистки устраиваются осадочные колодцы и с другой стороны у концов дюкеров. Кроме того, дюкерные камеры снабжаются смотровыми колодцами с боковым входом. Иногда приспособления для спуска делаются в самих камерах. Рекомендуемые нами приемы для обеспечения промывки или прочистки дюкеров отпадают, если дюкера укладываются в туннелях.


Черт. 179.

Всякий дюкер при сплошном заполнении подвергается внутреннему давлению, которое несколько уменьшается внешним давлением воды и грунта. Это обстоятельство, в связи с трудностью укладки дюкерных труб, заставляет употреблять для них преимущественно металлические трубы.

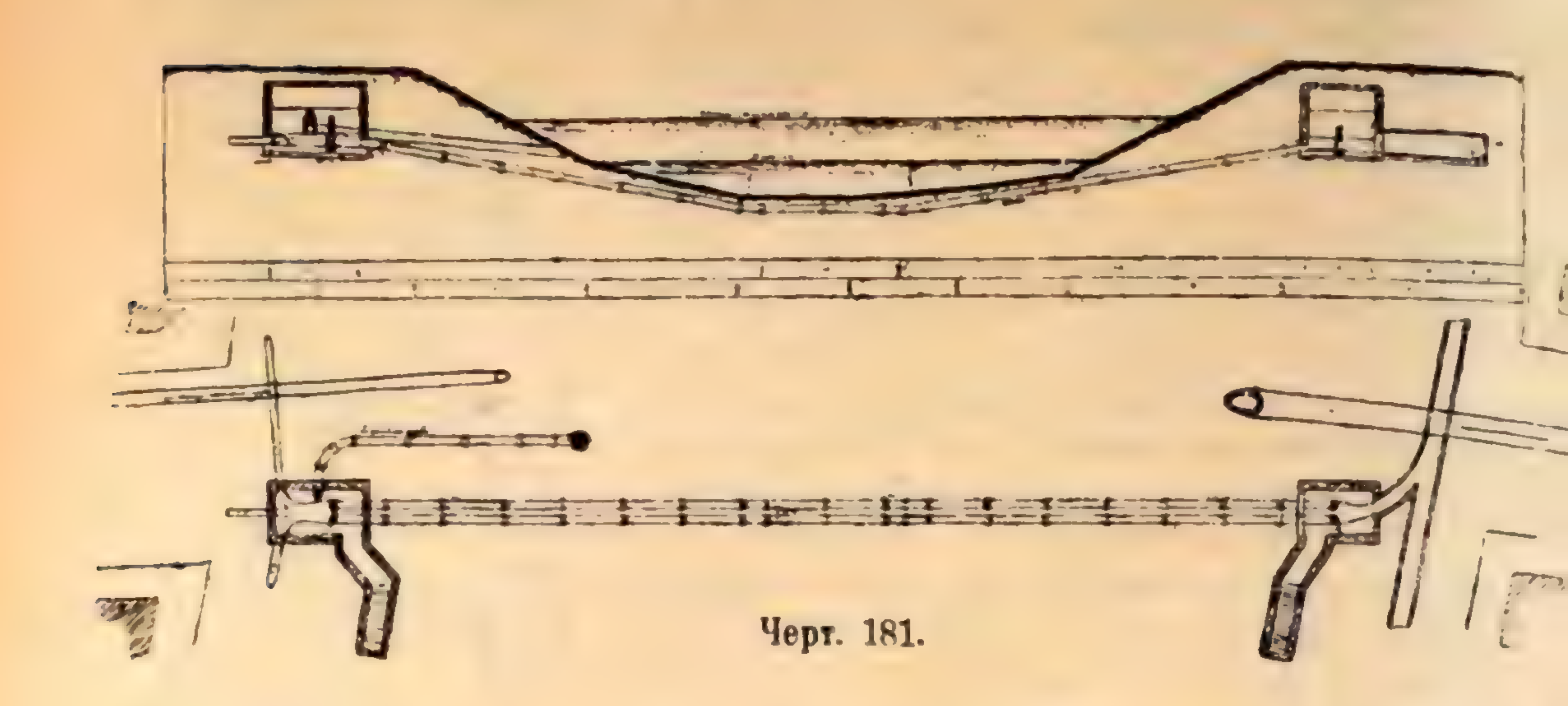


Черт. 180.

Дюкера делаются из труб: чугунных, железных, стальных, железо- и сталебетонных, круглого сечения. Конструкция дюкеров весьма разнообразна и зависит, главным образом, от того, приходится ли пересекать реки или овраги. Конструкция же речных дюкеров зависит в свою очередь от свойств самой реки: ее ширины, глубины, скорости течения, рода грунта берегов и дна, колебаний горизонтов, и т. п., а также и от значения реки, как водного пути сообщения. Если рекой пользуются для регулярного судоходства, то это сильно влияет на конструкцию

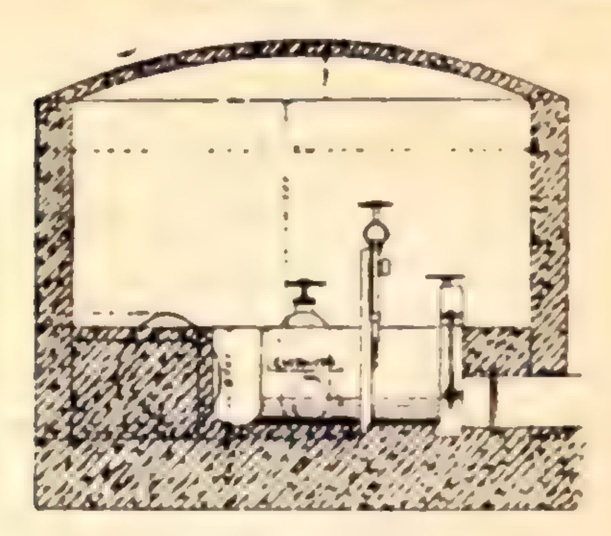
дюкера и в особенности, как мы увидим ниже, на способ производства работ.

Самой употребительной формой дюкера является устройство его в виде двух труб с пологими под'емами на обоих концах, нашедшие

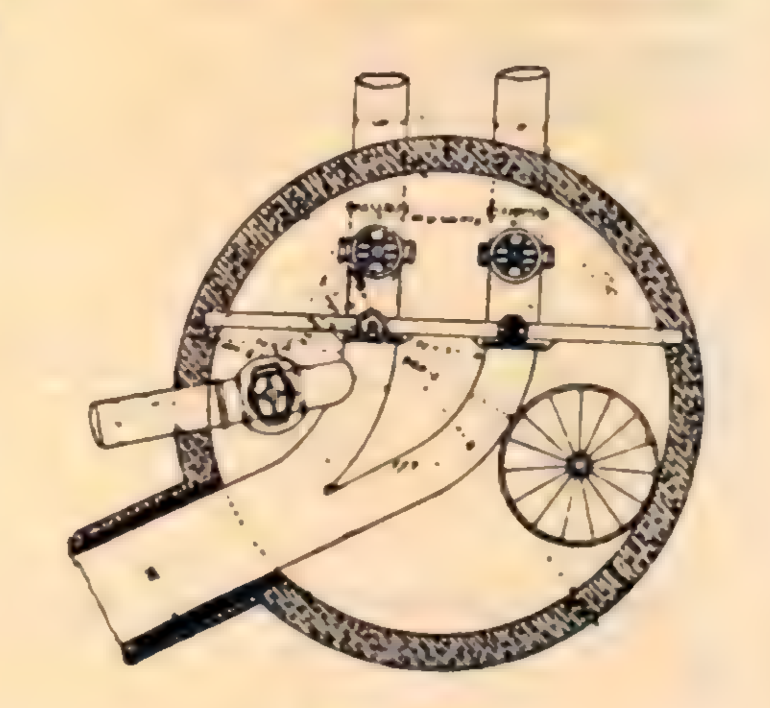


Черт. 181.

себе применение во многих городах СССР (Москва, Харьков). На черт. 181 показан Московский дюкер, длиной 49 *м*, из двух чугунных труб, диам. 0,35 *м*, под водоотводным каналом против Знаменского переулка; во входную камеру впущена промывная труба из канала, запираемая задвижкой. Каждая дюкерная труба снабжена задвижками по обоим ее концам для выделения ее на случай ремонта. Камеры



Черт. 182-а.

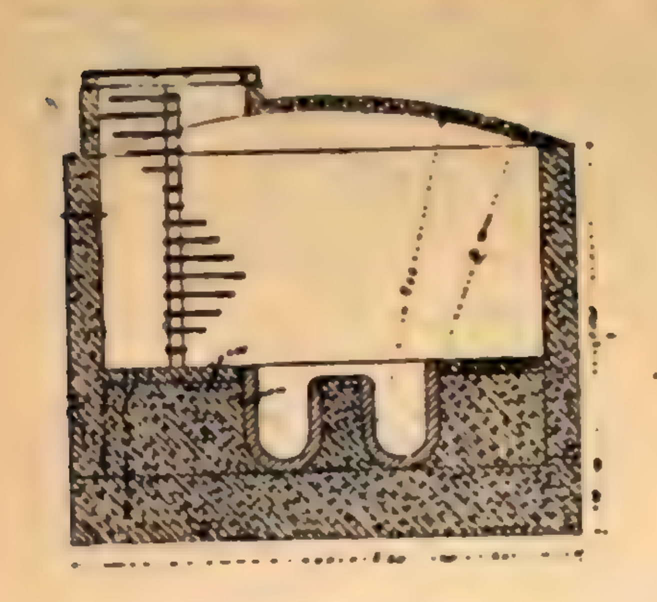


Черт. 182-b.

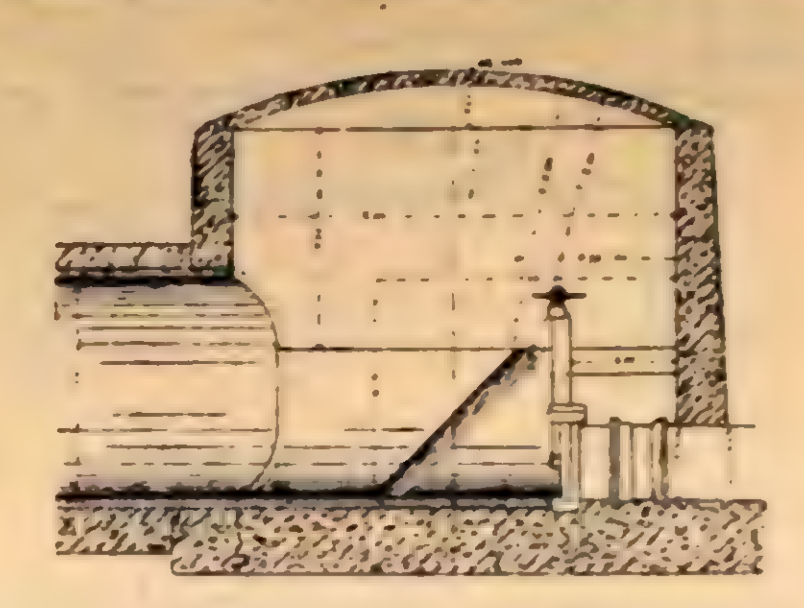
и боковые смотровые колодцы сделаны из кирпича; на черт. 182—183 показаны детали входной и выходной камер харьковских дюкеров, построенных по московскому типу.

Входная камера (черт. 181) представляет собой круглый колодец, диаметром 4,25 *м*, в который входит 0,90 *м* кирпичный коллектор

и 0,40 *м* чугунная труба, служащая для промывки дюкера; коллектор в пределах колодца разветвляется на 2 жолоба, которые при выходе переходят в две переводные 20 *см* чугунные трубы. Колодец выходной камеры (черт. 182) имеет также диам. 4,25 *м*; здесь переводные трубы переходят в жолоба, а затем в коллектор. Переводные и промывные трубы снабжены задвижками на случай ремонта и производства промывки.

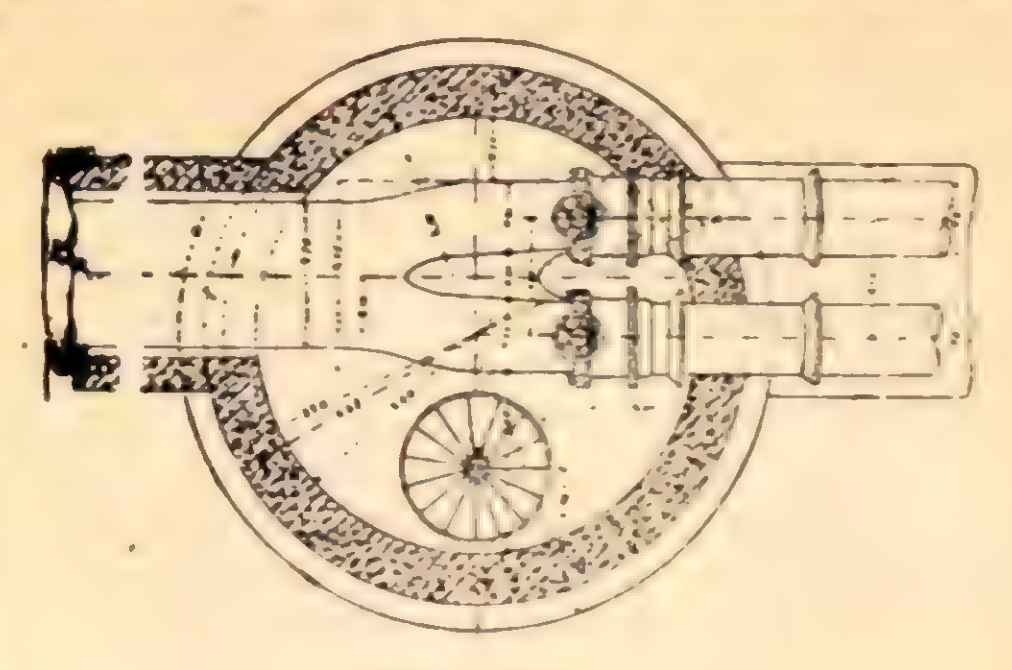


Черт. 182-с.



Черт. 183-а.

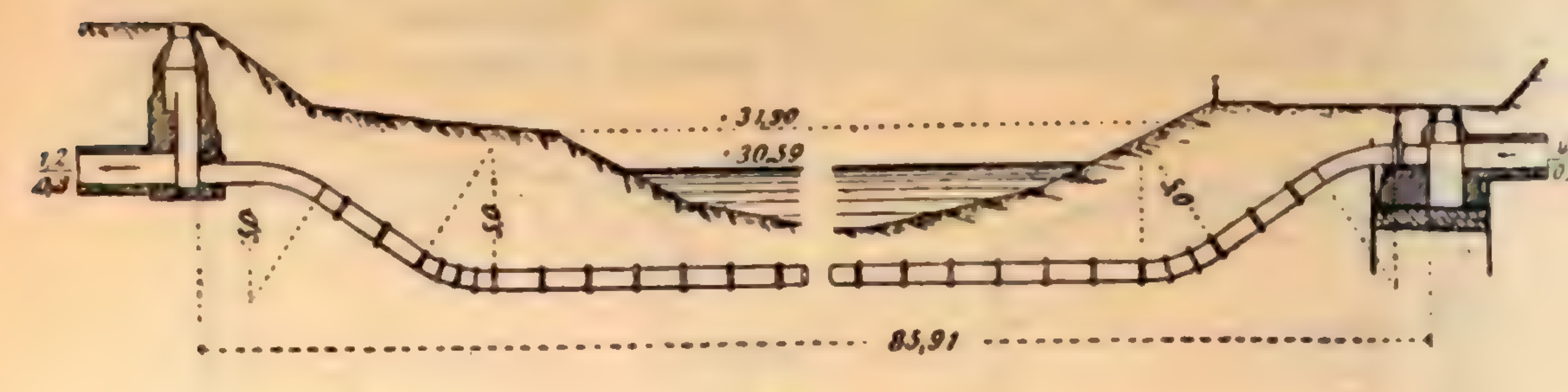
При пересечении коллекторами небольших рек производство работ по устройству дюкеров заключается в применении шпунтовых рядов или перемычек и последующей откачке воды из огражденного таким образом пространства; для пропуска воды приходится разделить укладку дюкерных труб на две части и сначала делать первую половину, по окончании которой и уборке шпунтовых заграждений приступать к устройству второй (черт. 184). Если же по местным условиям представляется вполне возможным отвести речку или ручей в сторону при помощи временных деревянных лотков или устройством временного рукава, то работы по прокладке сифона могут быть закончены скорее. В обоих случаях для дюкеров применяют обыкновенно чугунные трубы.



Черт. 183-b

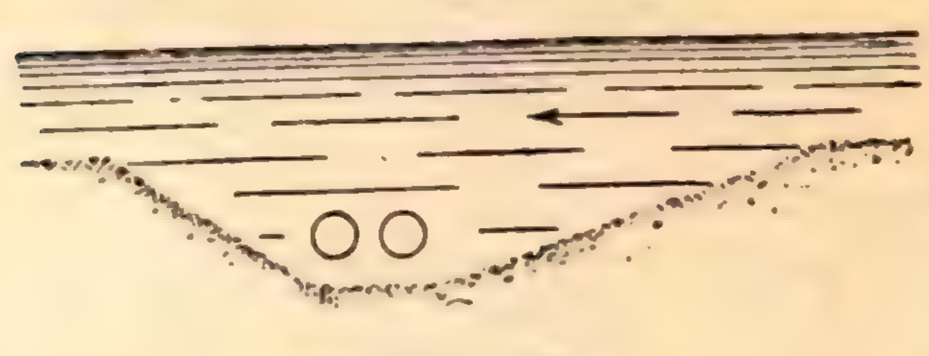
При устройстве дюкеров на больших и судоходных реках приемы по производству работ значительно усложняются, так как перегораживание части реки на сравнительно большой промежуток времени сильно стесняет судоходство, да и течение воды в сечении, уменьшенном на половину, вызывает подпор в верхних частях реки, затопление части берегов

и усиление скорости в отверстии и для пропуска воды, что в свою очередь может вызвать размыв дна на большую глубину. Поэтому при устройстве подобных дюкеров применяется



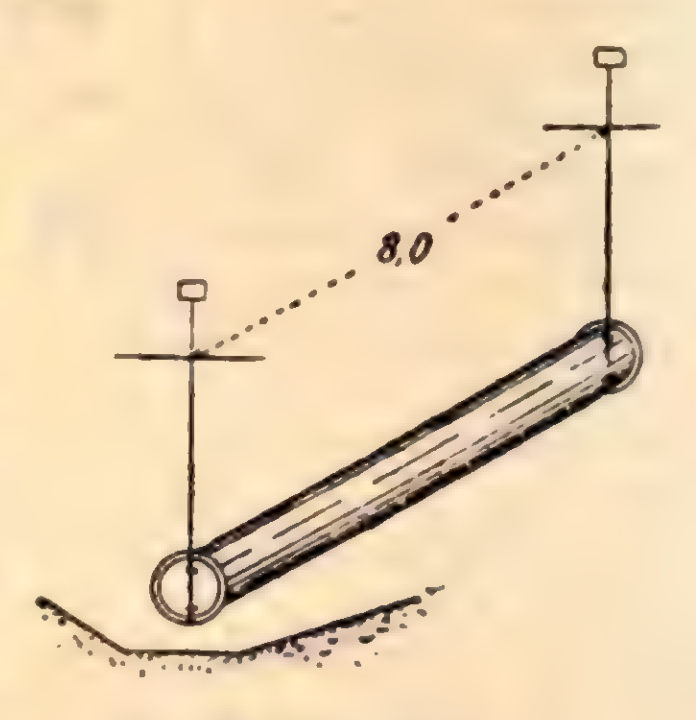
Черт. 184.

иной метод, не требующий сплошного заграждения реки. Прежде всего посредством землечерпательной машины устраивают поперечный жолоб в дне, чтобы дюкерные трубы лежали ниже дна и не могли бы повреждаться якорями судов (черт. 185). Параллельно с этим на берегу производится сборка дюкерных труб, концы которых плотно закрываются, чтобы трубы могли



Черт. 185.

при спуске в воду держаться на плаву; во время сборки устраиваются в реках с сильным течением неподвижные подмости, состоящие обыкновенно из ряда свай, связанных прогонами и схватками, а в реках со слабым течением пловучие подмости. После испытания труб гидравлическим прессом, они спускаются на воду и подводятся к подмостям; там они устанавливаются точно по оси приготовленного рва, и нагружаются грузом (рельсами) для погружения их в воду. Опускание переводов подмостей производится с помощью дифференциальных блоков и домкратов весьма осторожно, чтобы не было бы повреждения труб при спуске, для чего прикрепляют к трубам рейки с делениями и визирками, по положению которых можно судить о равномерности опускания (черт. 186). После опускания положение дюкерных труб еще раз проверяется по рейкам, и при помощи водолазов. После проверки водолазы убирают заглушки дюкерных труб и соединяют их с береговыми частями, устраиваемыми

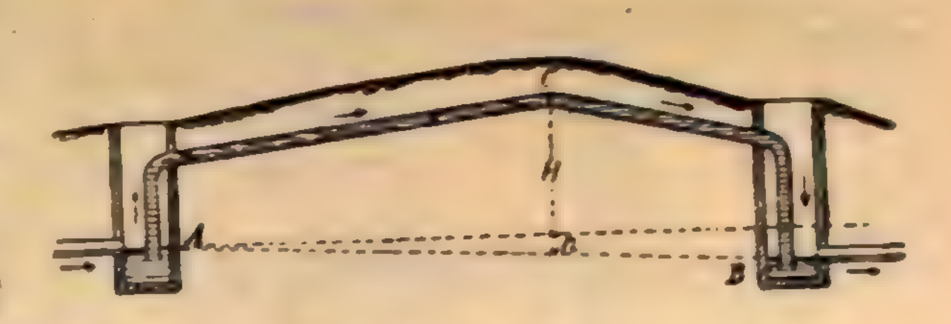


Черт. 186.

обыкновенно в перемычках, и пустив воду в трубы убирают нагрузку и засыпают дюкерные рвы.

Расчет дюкеров в неполных раздельных системах делается так же, как и расчет водопроводных труб, но в целях самоочищения дюкеров, нужно для скорости придавать значение в 1 *м* при наибольшем расходе в сухую погоду.

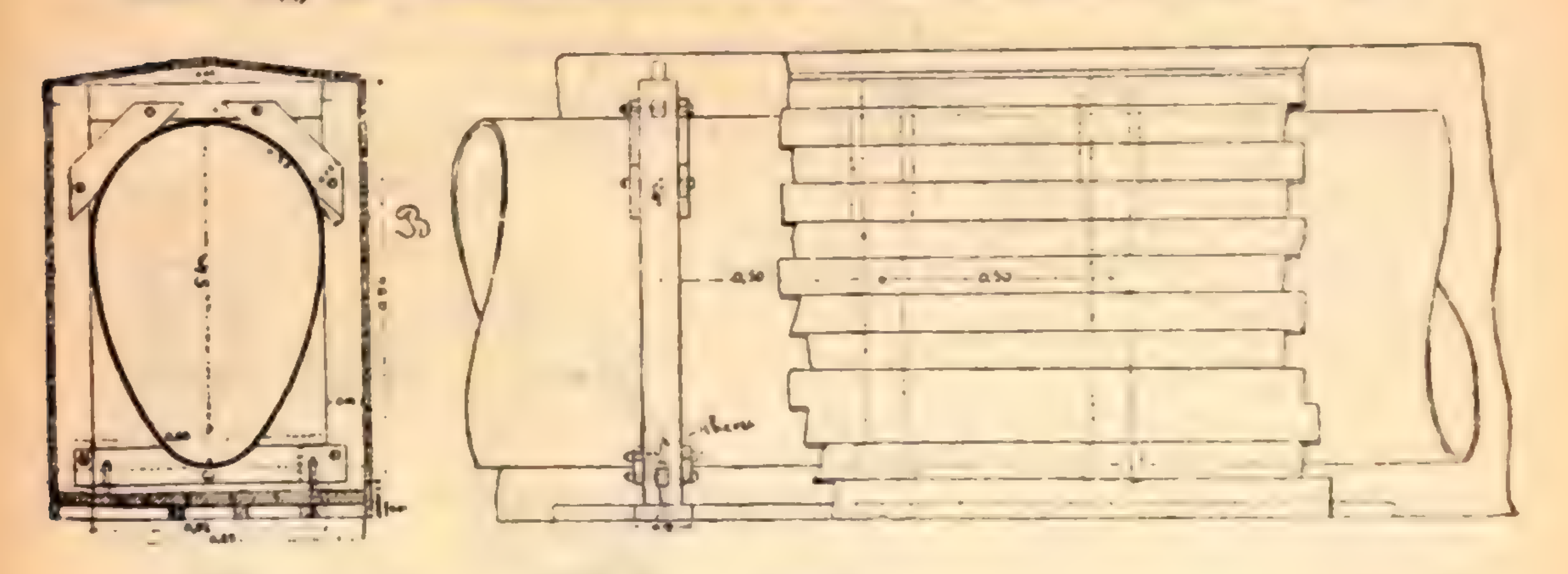
§ 62. Сифоны. Как видно из изложенного, производство работ по устройству дюкеров является весьма сложным и дорогим. Поэтому представляется естественным стремление санитарных инженеров использовать для перехода рек городские мосты или устраивать специальные пешеходные мосты, под проезжей частью или под тротуарами которых можно поместить канализационные трубы. Использование существующих мостов для переходов вызывает употребление обратных дюкеров или сифонов (черт. 187).



Черт. 187.

Также сифоны применяются в случае прокладки коллекторов в сильно пропитанных водой или скалистых грунтах.

Сифоны давно употребляются в водосборных сооружениях для грунтовых вод, но в канализационной технике они встречаются гораздо реже.

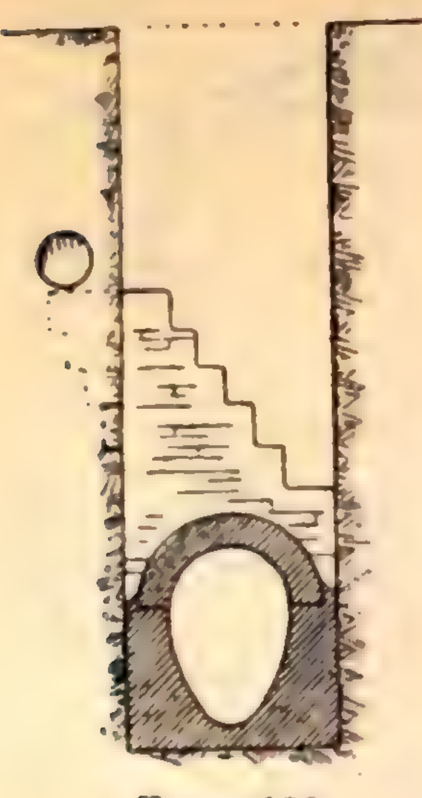


Черт. 188.

Главной причиной их малого употребления является образование в сифонных трубах выделяющихся из сточных вод газов и необходимость их постоянного высасывания, чтобы не было прекращения действия сифонов. Сифоны по своему начертанию менее подвержены засорению, чем дюкера, так как направление движения воды противоположно направлению силы тяжести, но для выделения осадков они снабжаются осадочными колодцами с обеих сторон, в которых стоит на некоторой глубине сточная вода; концы сифона

погружаются в сточную воду, чтобы помешать прониканию воздуха в сифон. Сифонные трубы могут быть сделаны из чугуна, железа, стали и железо-бетона, при чем употребление чугуна ограничивается размерами до 1,20 *м*; при средних и больших размерах употребительнее железо и сталь.

При переводе сифонных труб через мосты они обыкновенно подвешиваются при небольших размерах под тротуарами, а при больших — помещаются под проезжей частью.


Черт. 189.

Во избежание замерзания сифонных труб в суровых климатах, в особенности, в ночное время при малом расходе сточных вод, они помещаются в деревянных ящиках, обитых кровельным железом и заполненных древесными опилками или торфяным порошком (черт. 188).

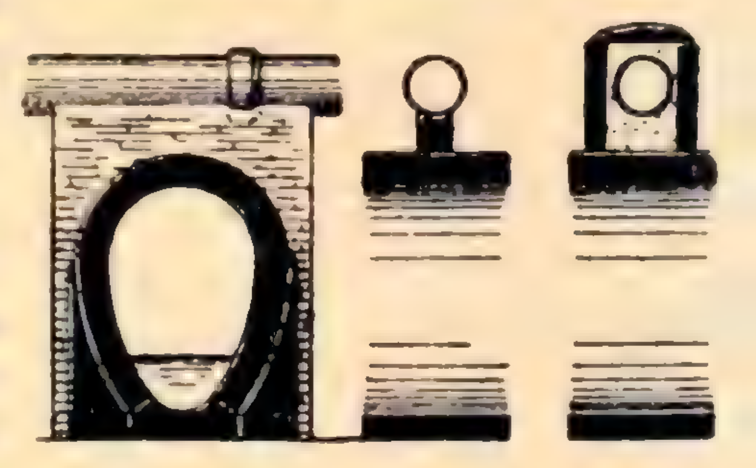
Расчет сифонов. Для расчета сифона мы пользуемся теми же формулами, что и для дюкеров (черт. 187). Разность горизонтов в колодцах h — расходуется на преодоление сопротивлений при движении сточных вод в сифонной трубе. Для определения диаметра сифонной трубы мы пользуемся выражениями

$$\pi \frac{d^2}{4} \cdot v = Q \text{ и } h = 1{,}10 \frac{v^2}{C^2 R},$$

где 10% мы оцениваем все добавочные сопротивления при движении воды кроме потери на трение. Но к этим уравнениям следует еще присоединить неравенство, обеспечивающее действие сифона: $h + H < A$ (A + атмосферное давление $= 10$ *м*); но по практическим данным атмосферное давление заменяется цифрой в 6—7 *м* и неравенство превращается в

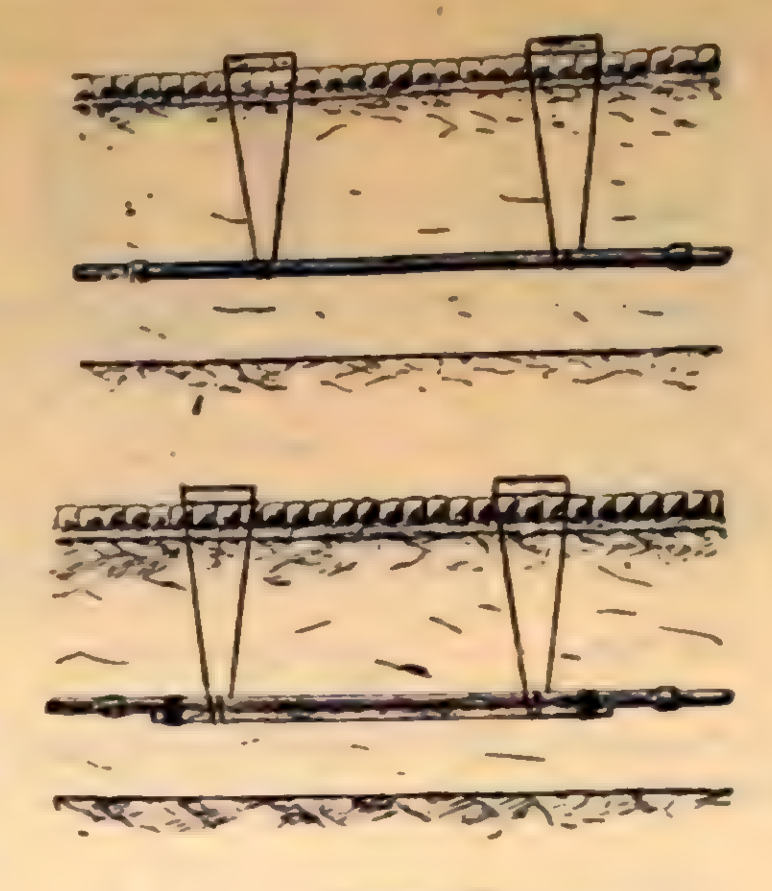
$$h + H < 6 - 7 \text{ м} \quad . \; . \; . \quad (23).$$

Для скорости в сифонах принимают величины 1 — 1,5 *м*; большие пределы скорости 1,2 *м* — 1,5 *м* в настоящем случае выгоднее, так как по опытам Belgrand и Zevy при такой скорости не замечается выделения газов из сточных вод в сифонных трубах.


Черт. 190.

§ 63. Устройство пересечений с уличными проводами, железными дорогами и водными путями. До составления проекта канализации необходимо для назначения осей коллекторов на улицах знать точно положение и заложение других уличных проводов (газовых, водопроводных), чтобы затем при проектировании отодвинуть оси коллекторов от других проводов на расстояние до 2 — 3 *м*, во избежание их повреждений. Разумеется, эти условия трудно выполнить в узких улицах, и в этих случаях коллектора и провода поневоле помещаются

близко друг к другу. Кроме того, являются неизбежными пересечения проводов в пунктах скрещения улиц. В случае близкого расположения продольных осей коллекторов и газо-водопроводных труб под провод подводятся, на расстоянии 1,5—2 *м*, каменные столбы, которые последовательными уступами соединяются с верхом коллекторов (черт. 189).

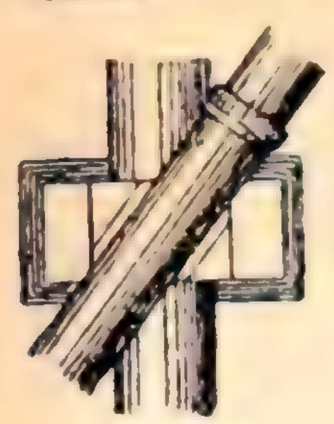


Черт. 191.

В поперечном направлении и взаимные пересечения коллекторов уличных труб устраиваются согласно (черт. 190).

При косых пересечениях уличные трубы во время производства работ или обхватываются канатами или прикрепляются к продольным лежням и подвешиваются канатами к брускам, уложенным наверху рва (черт. 191). По окончании работ под уличные трубы подводятся каменные поперечные стенки. При пересечениях небольших коллекторов с уличными трубами они устраиваются согласно (черт. 192), где в построенной для пропуска нижнего коллектора стенке сделано соответственное отверстие. Также приходится выводить стенку при пересечении каналов, лежащих на разных уровнях. Тип такого устройства изображен на черт. 193, где показано пересечение верхнего дождевого бетонного канала *A* с нижним кирпичным *B* в г. Харькове. На черт. 194 показано пересечение каналов в Москве. Если коллектор находится на одинаковой глубине с уличными трубами, то следует перекладывать уличные трубы выше или ниже коллектора.





Черт. 192.

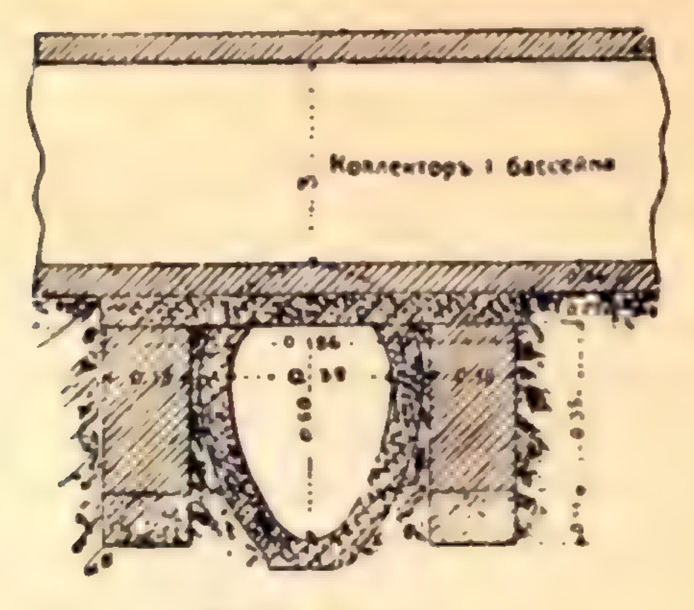
При пересечении коллекторами железнодорожного полотна могут встретиться три случая: коллектор проходит ниже железнодорожного полотна, в уровень с ним или выше его. Первый случай является наиболее выгодным, так как при нем, в случае достаточного расстояния от верхней производящей коллектора, представляется возможным не изменять типа сечения коллектора, а лишь усиливать в нем толщину стенок или применить в пределах пересечения железобетонную конструкцию. Пример подобного усиления коллектора показан на черт. 195. На черт. 196 показан тип круглого железобетонного коллектора, уложенного в г. Риге под полотном Риго-Орловской ж. д.

Если вблизи коллектора имеется железнодорожный путепровод, то представляется весьма удобным направить под него коллектор, так как при этом тип коллектора, в случае достаточной ширины путепровода, не подвергается никакому изменению.

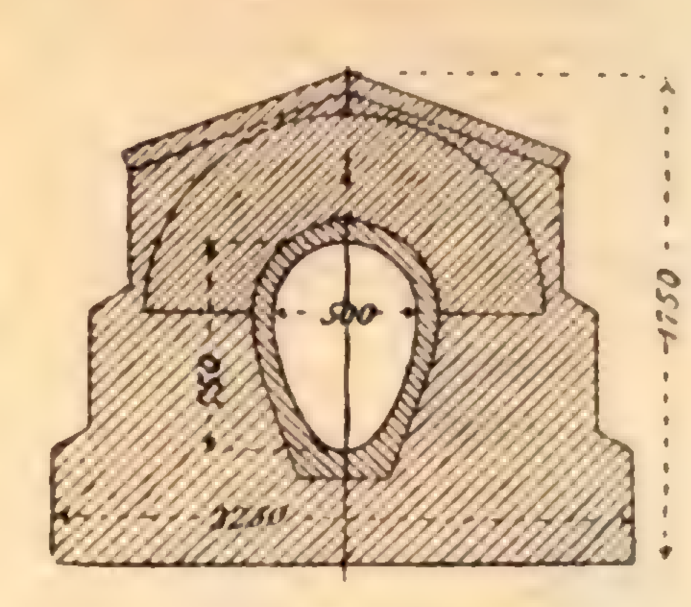
Черт. 193.

Черт. 194-а.

В случае пересечения полотна ж. д. канализационными трубами малого сечения, последние укладываются в чехлах из чугуна, или железных труб из волнистого железа (черт. 197). В этих случаях для возможности перемещения внутренней канализационной трубы, которая в пределах пересечения устраивается из чугунных фланцевых труб, к ней приделываются подвижные катки.



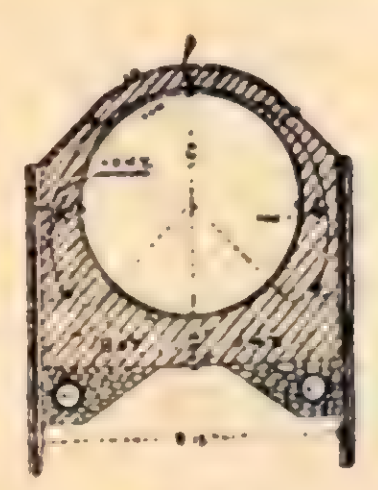
Черт. 194-b.



Черт. 195.

У обоих концов пересечения устраиваются смотровые колодцы.

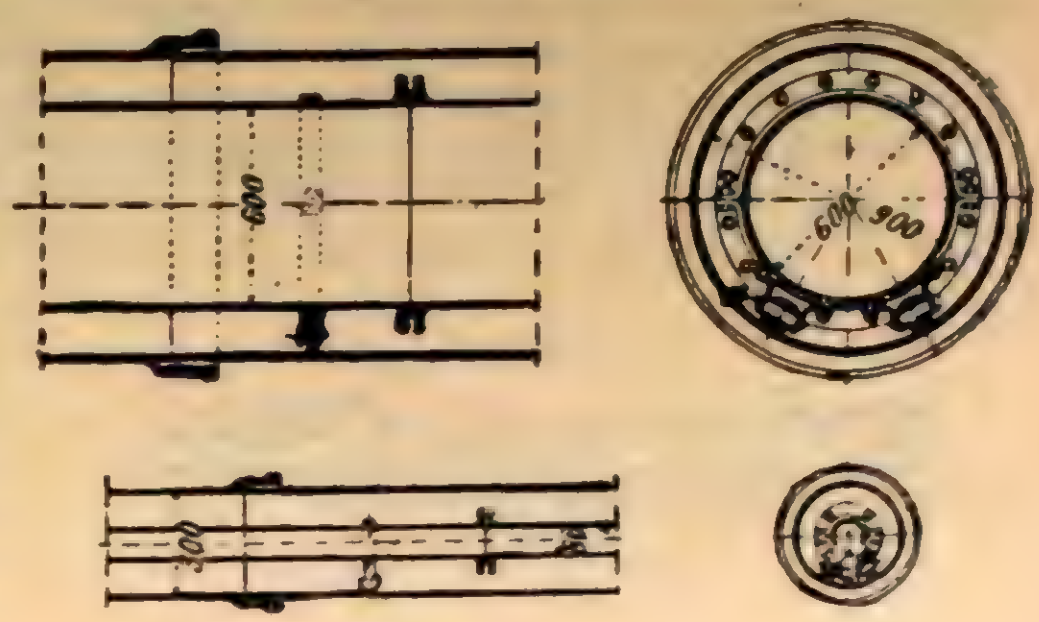
Пример укладки водосточной трубы под полотном ж. д. разработан в проекте канализации гор. Пятигорска (черт. 198). Керамиковый водосток в пределах галлереи заменен чугунной трубой с ревизиями (прочистными отверстиями) на обоих концах; галлерея заканчивается смотровыми колодцами (черт. 199).



Черт. 196.

При прокладке водосточных труб и каналов приходится нередко пересекать водные протоки. Если эти протоки представляют собой большие реки, то в этом случае приходится прибегать или к укладке дюкеров или использовать существующие мосты, подвешивая к мостовым фермам трубы или каналы и окружая их нетеплопроводными материалами. Более разнообразные решения можно принимать, когда приходится пересекать небольшие реки, ручьи и каналы.

В этих случаях вместо дюкеров представляется более простым прибегать к применению конструкций, аналогичных мостовым; в случае надобности подобные конструкции могут быть использованы в качестве пешеходных и даже переездных мостов.



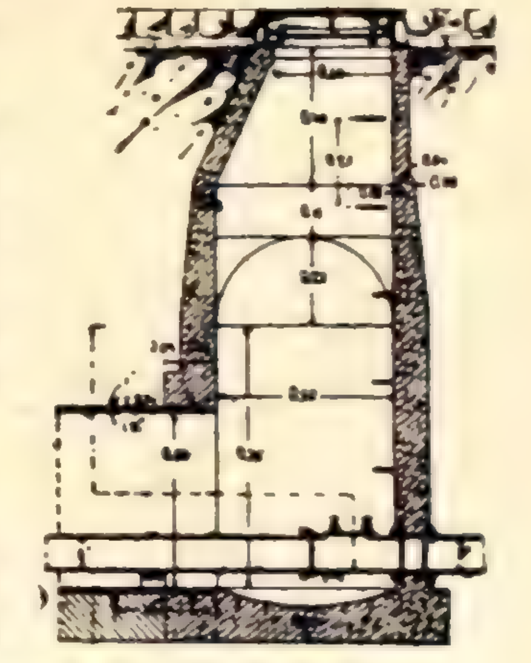
Черт. 197.

При применении подобных конструкций уклон водосточных каналов не изменяется. Пример несложной конструкции мостового типа представляет собой тип перевода водостока через водосточную канаву, разработанный в проекте канализации г. Пятигорска.

Как видно из черт. 200-а, 60 сант-овая керамиковая труба переходит в пределах перевода в чугунную трубу, эта труба прикреплена к двум двух-тавровым балкам, заделанным в стенки смотровых колодцев. Над чугунной трубой, во избежание ее порчи, устроена деревянная покрышка (черт. 200-b).


Черт. 198.

§ 64. Промывка водостоков. На верховых (слепых) концах канализационной сети вследствие скорости движения сточных вод, близкой к нулю, всегда будут отмечаться осадки. Могут быть и в самой сети такие пункты, где применение уклонов, нужных для получения необходимой скорости, является затруднительным (дорогие земляные работы, водоотлив). Для удаления этих осадков с давних пор в канализационной технике пользуются промывкой каналов, которая, поглощая газы, образующиеся в каналах от органических веществ, способствует, таким образом, притоку в каналы свежего воздуха.


Черт. 199.

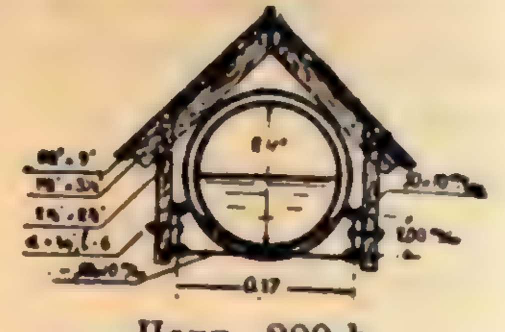
Сущность промывки заключается в следующем: в резервуаре (колодце), расположенном выше промываемой трубы, скопляется известный об'ем воды и затем разом спускается в промываемый канал, вследствие чего осадки проносятся в канал до того пункта, где уже имеется достаточная скорость; если бы такой канал не находился бы непосредственно за промываемым каналом, то требовалась бы установка второго промывочного резервуара и дальнейшая промывка канала. Вода для

промывки может быть специально-промывочная, т.-е. взятая вне сточных проводов и подведенная к промывочным устройствам водосточной сети, или же подпираемая затворами сточная вода.

Для добывания промывочной воды в условиях поселка можно пользоваться или естественными источниками водоснабжения (прудами, реками и озерами) или поселковым водопроводом, при чем выбор того или иного источника решается по экономическим соображениям. Особенно выгодным было бы использование подпертой плотиной речной воды. Простейшим

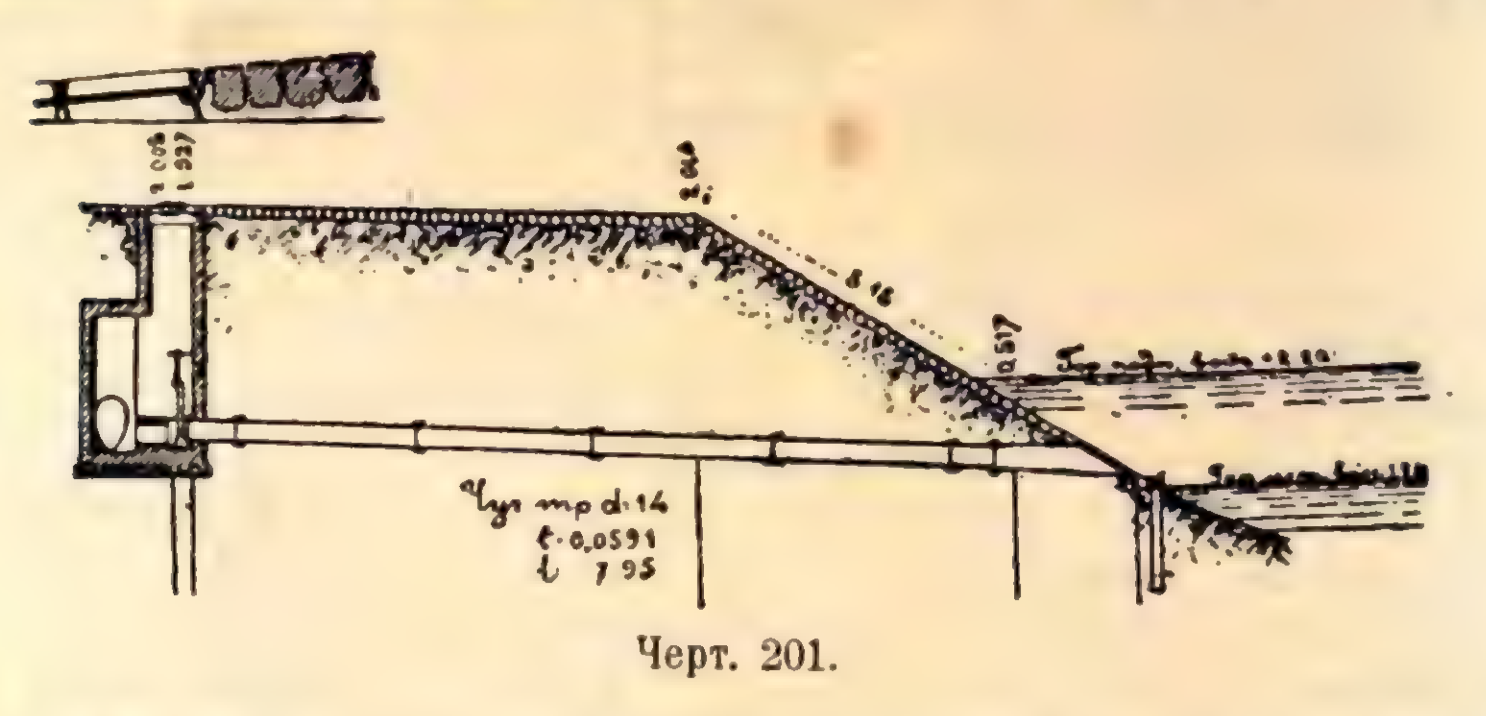


Черт. 200-a.



Черт. 200-b.

примером является конструкция, примененная в Москве (черт. 201) здесь промывка производится посредством чугунной трубы, запертой задвижкой. Также представляется выгодным для промывки всех слепых концов сети устроить особый промывной резервуар, питая его атмосферной, водопроводной или конденсационной водой.



Черт. 201.

Большинство промывных приборов представляет собой камеру A, где скоплена в некотором количестве вода на известной высоте над центром канала, вход в который закрыт каким-нибудь затвором B (черт. 202). Для производства промывки мы быстро открываем щит B, и промывная волна устремляется в трубу и смывает скопившиеся в ней осадки на известном расстоянии L.

Для проектирования промывочных приспособлений нам нужно знать зависимость между об'емом воды в резервуаре Q, уклоном трубы J, скоростью промывной волны v и длиной L, на которую распространяется промывка.

Для этого может служить формула Гансена (Hansen)

$$Q = \frac{64.3 \quad \omega \ L^2 \ (J_m - J)}{v_1^2 - v_2^2} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ (24),$$

где Q (в куб. фут.), L (саж.) и J имеют вышеуказанные обозначения, ω — площ. сеч. трубы в кв. фут., v_1 — скорость промывной волны в начальном сечении промываемой трубы в футах, v_2 — заданная нами скорость промывки в сечении, в соответствующем другому концу длины L, и J_m некоторый фиктивный гидравлический уклон, по которому как бы двигается вода. Этому J_m соответствует фиктивная скорость v_m, определяемая по формуле:

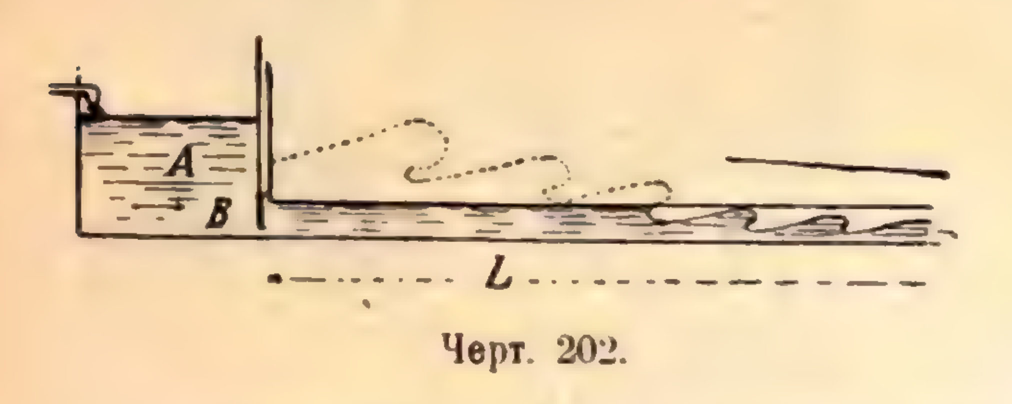
$$v_m = v_2 \left(1 + lge\frac{v_1}{v_2}\right) - \frac{v_2^2}{v_1^2} \ldots\ldots \quad (25)$$

по формуле Ganguillet и Kutter:

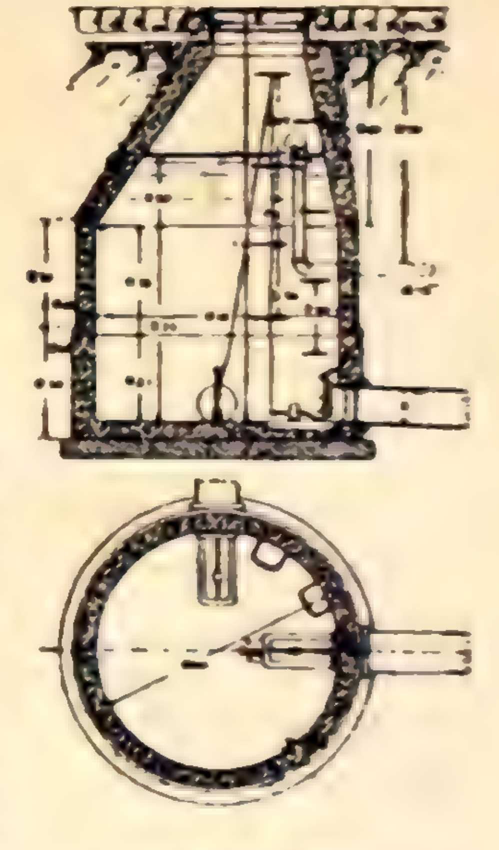
$$J_m = \frac{v_m^2}{A}, \text{ где } A = C\sqrt{R}, \text{ где } C \text{ (для фут. мер)} = \frac{41{,}6 + \frac{1{,}811}{n}}{1 + \frac{41{,}6\,n}{\sqrt{R}}}$$

$$\text{отсюда } A = \frac{\left(41{,}6 + \frac{1{,}811}{n}\right)R}{\sqrt{R} + 41{,}6\,n};$$

v_1 — принимается равной $0{,}75\sqrt{2gH}$, где h высота слоя воды в промывном колодце; v_2 принимается в 2,5 — 3,5 *фут* (0,6 — 0,8 *м*).



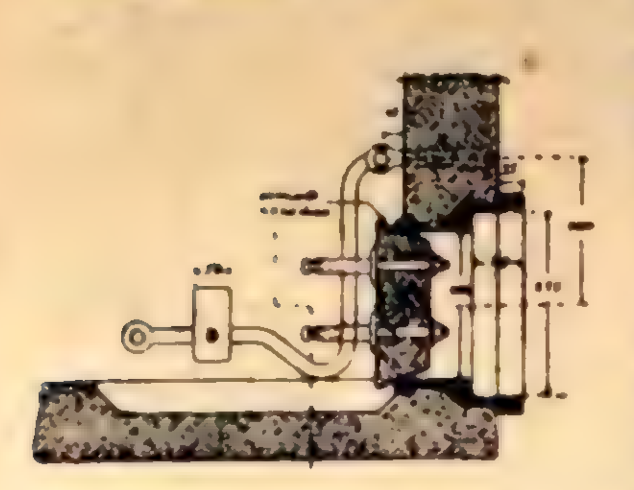
Черт. 202.


Черт. 203-а.

Приборы для промывки в условиях поселковой канализации могут быть разбиты на три группы: 1) вращающиеся и под‘емные затворы, 2) автоматические приборы и 3) сифоны. Простейший тип вращающегося прибора показан на черт. 203. Он устроен в виде деревянного клапана, обитого резиной и прикрепленного к железному рычагу с небольшим противовесом. Клапан подобной конструкции применен в Москве, Харькове и др. гор. СССР.

Под‘емные затворы имеют то преимущество пред вращающимися клапанами, что более плотно закрывают сечение промываемой трубы. Простейший тип подобного щита изображен на черт. 204; движение щита по направляющим производится посредством штанги, которая зацепляется за крючок, вделанный на стенке промывного колодца.

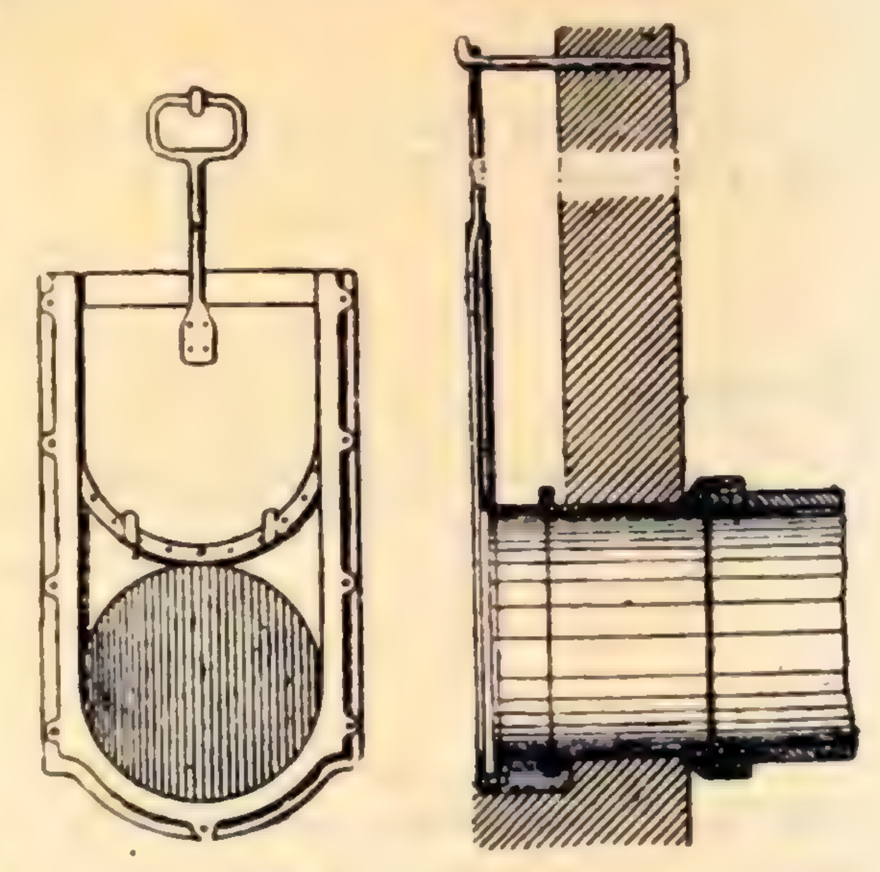
В этом промывном колодце также необходимо иметь переливную трубку во избежание подпора. Этот затвор сделан из железа, но предпочтительно их делать из чугуна, так как он менее подвергается ржавчине. Из группы автоматических приборов представляет некоторый интерес опрокидывающийся сосуд Дакетта (Duckett), примененный в Ростове на Дону, Днепропетровске и др. (черт. 205).



Черт. 203-b.

Сосуд вращающийся на горизонтальной оси, устроен таким образом, что, когда он наполнен водой, центр тяжести его перемещается вправо, вследствие чего сосуд опрокидывается, и скопленная в нем вода разом выливается в промывную трубу; емкость железных резервуаров этой системы колеблется от 850 — 1.500 $м^3$. Недостаток приборов с подвижными частями, подвергающимися быстрому изнашиванию, заставил специалистов прибегнуть к применению неподвижных промывочных приборов-сифонов. Из многочисленных приборов — этой группы заслуживает внимания сифоны системы Эдамса (Adams).

Он представляет собой U—образную трубу m (черт. 206) с невысоким колоколом, в коротком колене которого сделано чугунное кольцо a для задерживания малых частиц воздуха, вследствие чего выгоняемый из колокола воздух выходит сразу большими количествами. Это ускоряет заряжение сифона даже при слабом его питании. Баростатическая трубка f подводит воздух для быстрого прекращения действия сифона. В целях облегчения заряжения сифона сист. Adams'а в новейших установках введена добавочная с'емная трубка v; если трубка v снята, то вода будет переливаться в раструб, и сифон не будет действовать.

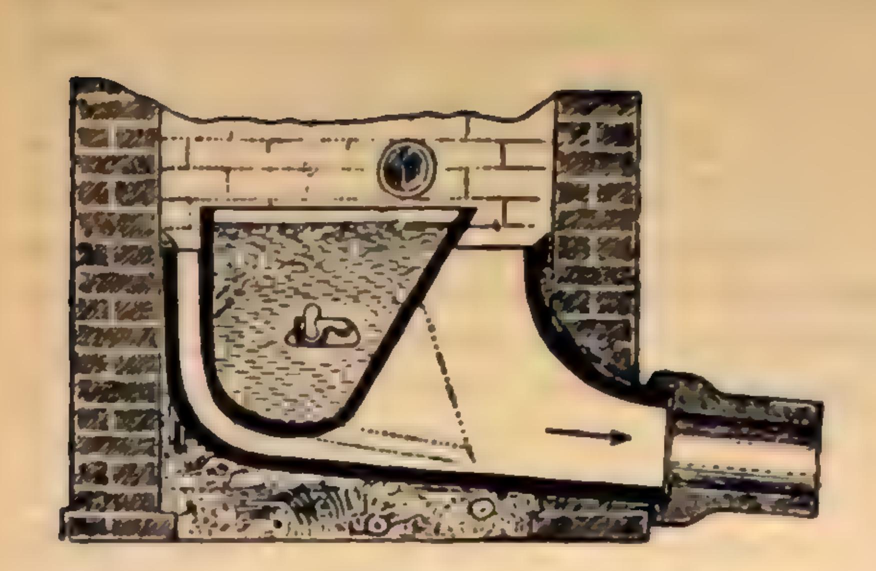


Черт. 204.

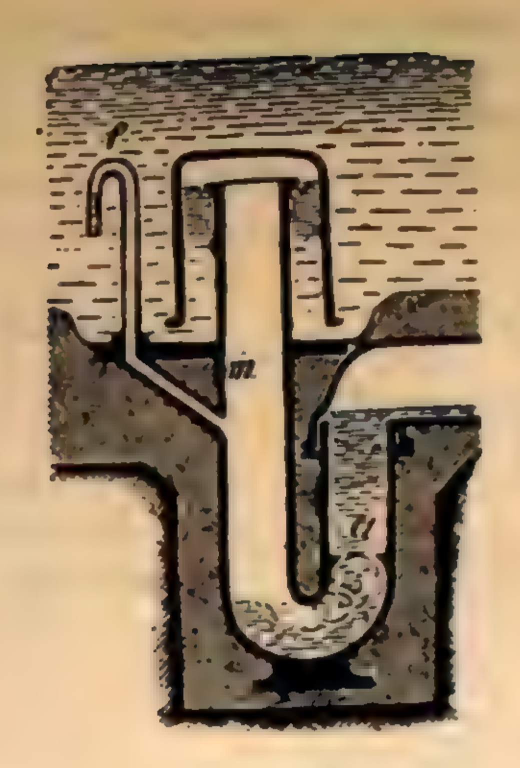
Перед опорожнением промывочного резервуара трубка v вместе с барастатической трубкой будет приводить воздух в сифон и вызывать прекращение его работы.

Промывные камеры для слепых концов устанавливаются по оси промываемых каналов; в некоторых случаях такие камеры с сифонами могут обслуживать два и даже три слепых конца зараз.

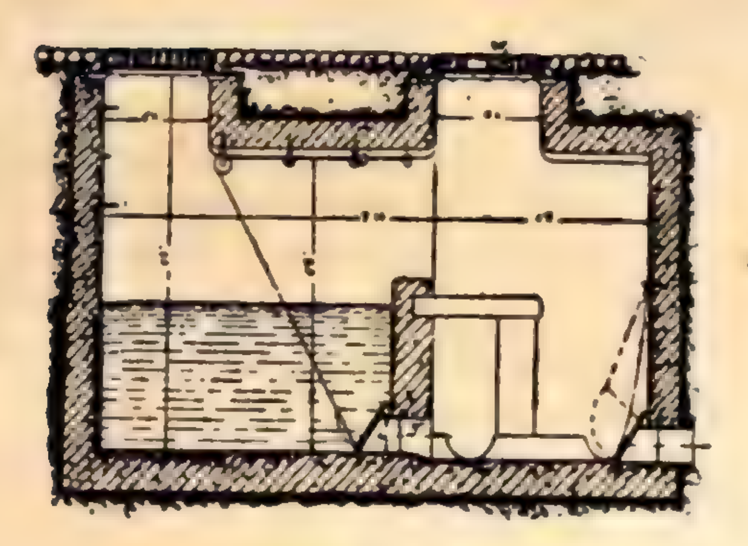
Примером подобной конструкции может служить промывная камера, изображенная на черт. 207. Камера состоит из двух колодцев K и K_1,



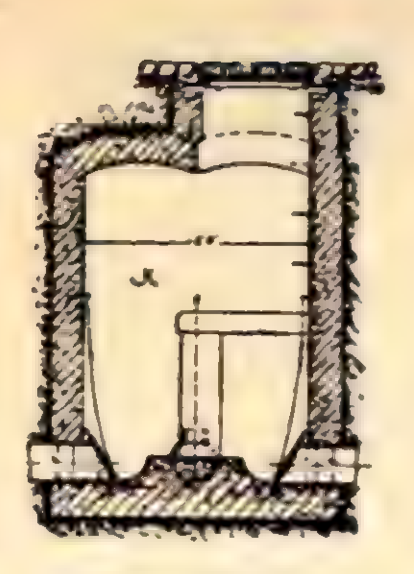
Черт. 205.



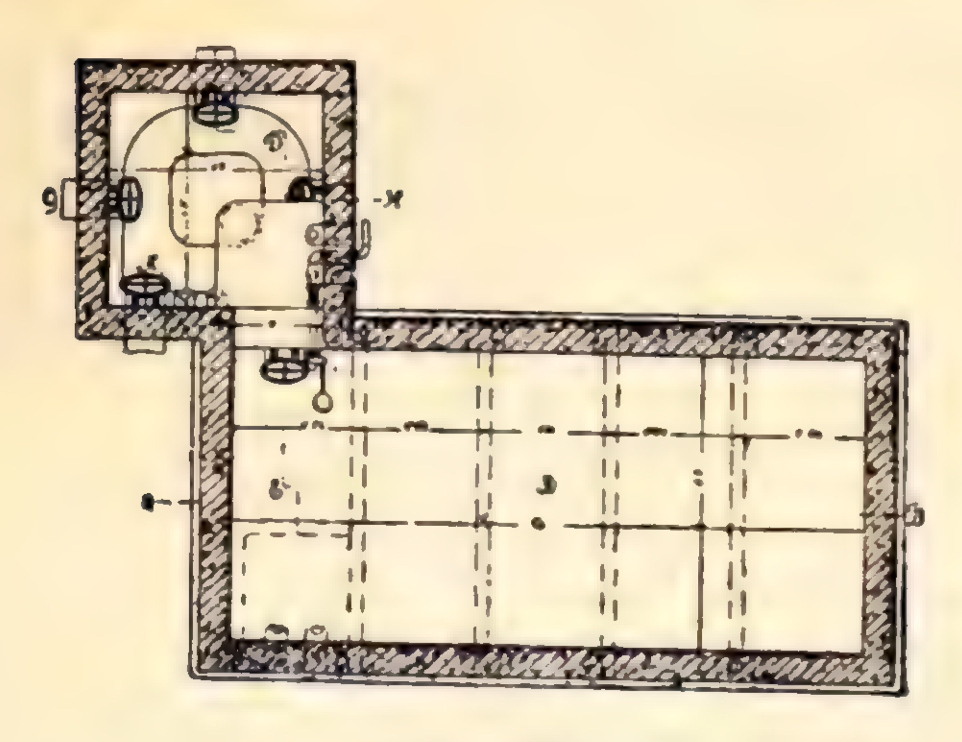
Черт. 206.



Черт. 207-а.



Черт. 207-b.



Черт. 207-с.

соединенных между собой трубкой *v*, запираемой щитком. Колодец *K* наполняется водой из водопроводной трубы, приток из которой регулируется шаровым клапаном. В колодце *K* сконцентрированы 4 слепых конца, запираемых откидными клапанами; промывка слепых концов производится поочередно. Если же промывная труба имеет длину большую, чем промывная волна, то по ее длине устанавливаются дополнительные камеры; в этом случае их приходится ставить сбоку, чтобы не задерживать движения воды в каналах. Наиболее удобным представляется присоединение промывной камеры непосредственно к смотровому колодцу, установленному в пункте уличного канала, нуждающемся в промывке. Количество воды в промывных камерах зависит от диаметра и длины промываемой трубы и для труб небольших сечений колеблется в пределах 2 — 4 *куб. м.* Диаметр внутренней трубы сифонов делается от 10 до 35 *см* (сифон Geneste-Herocher), от 10 до 22,5 (Miller-Geiger) и т. п. Количество протекающей воды зависит от конструкции сифона, от диаметра промываемой трубы и др. факторов. Так, напр. Geiger указывает, что для сифонов диаметром 10 *см* должно притекать в секунду 20 литров, для 15 *см* — 40 литров и 22,5 *см* — 80 литров.



Черт. 208.



Черт. 209.

§ 65. **Вентиляция водостоков.** Сточные воды, протекающие по каналам и трубам водосточной сети, обладают способностью подвергаться гнилостным процессам, как бы хорошо ни были устроены и содержимы канализационные каналы. Если воздух не имеет выхода из канализационной сети, он быстро загрязняется, вследствие смешения с пахучими газами

и протекания по загрязненным стенкам канализации. Воздух подобного состава является вредным, главным образом, вследствие примеси к нему сероводорода, который уже в количестве 1 — 1,5% смертелен для человека, а вдыхание его в течении нескольких часов при содержании 0,7% представляет серьезную опасность для здоровья; содержание углекислоты от 8 до 10% также угрожает здоровью людей. Воздух такого состава становится вредным, как для здоровья населения, если он выходит из каналов у тротуаров или попадает чрез водосточные трубы в жилые помещения, так, в особенности, для здоровья рабочих, занимающихся очисткой каналов. Для борьбы с этим явлением приходится устраивать вентиляцию канализационной сети. Самой простой системой вентиляции является испытанная в Москве и примененная во всех городах СССР, имеющих неполную раздельную систему канализации, — система, основанная на применении уличных тумб для впуска свежего воздуха и использовании фановых труб в зданиях для вытяжки испорченного воздуха (черт. 208). Вентиляционные тумбы (черт. 209) относятся к тротуарам и соединяются керамиковыми трубами с смотровыми колодцами или каналами; среднее расстояние между вентиляционными каналами определяется через 2 — 3 смотровых колодца, т.-е. 120—160 *м*. В местах, заливаемых весенними водами ставятся вентиляционные столбы (черт. 210).



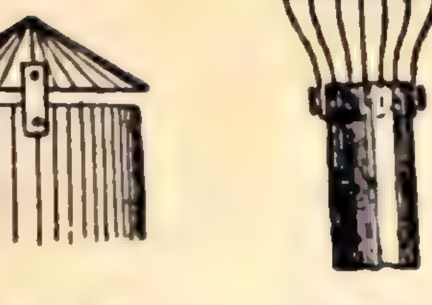
Черт. 210.

Общая система вентиляции чрез фановые трубы показана на черт. 208.

При этой системе вследствие прокладки фановых труб в теплых помещениях случаи обратной тяги могут представлять редкое явление. Диаметр верхней части фановых труб делается более на 5 *см* диаметра стояка, вследствие возможности уменьшения ее сечения инеем коллекторного воздуха. Выходные отверстия фановых труб должны быть удалены от мансардных окон, дымовых труб и других отверстий, чрез которые возможно сообщение с жилыми помещениями. Во избежание задувания ветром, концы фановых труб снабжаются широкими защитными колпачками (черт. 211) или проволочными сетками (черт. 212), или загибаются вниз. Фановые трубы, ни в коем случае не должны впускаться в дымоходы, или какие-либо вентиляционные каналы, устроенные в толще дымовых стен, так как в обоих случаях возможно проникание коллекторного воздуха в жилые помещения.



Черт. 211.



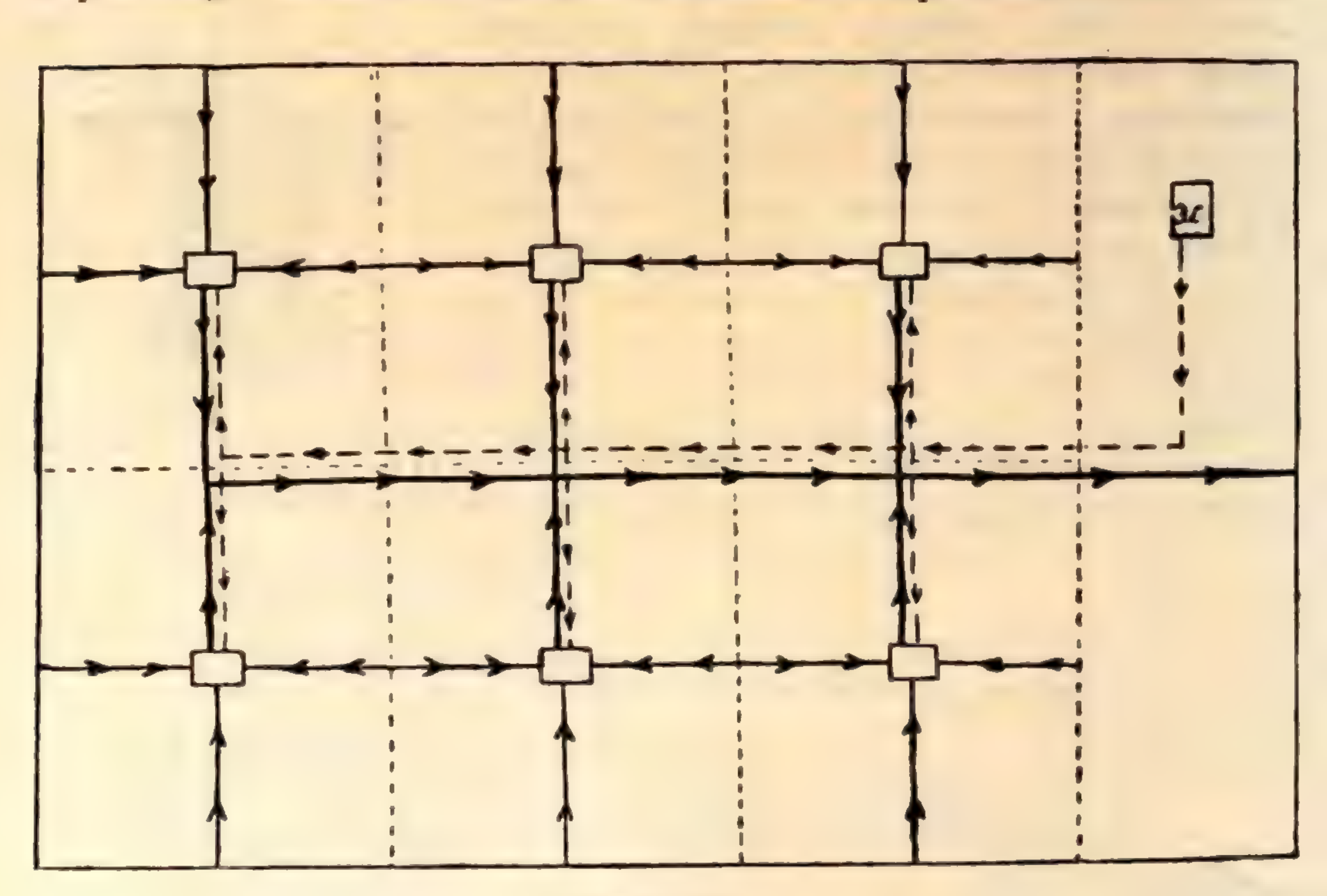
Черт. 212.

ГЛАВА XIX.

Под'ем сточных вод, песколовки, канализационные насосы и насосные станции.

§ 66. Под'ем сточных вод. При устройстве канализационной сети не всегда удается удалять сточные воды сплавом, приходится прибегать к их под'ему.

Такие случаи встречаются при под'еме сточных вод из нижних частей (зон) в верхние и при под'еме их на очистные сооружения. Также под'ем является неизбежным, если поселок занимает плоскую территорию; в этом случае приходится разделять поселок на районы и в каждом из них устраивать свою районную станцию (децентрализованная система перекачки). Схема такой системы показана на черт. 213.



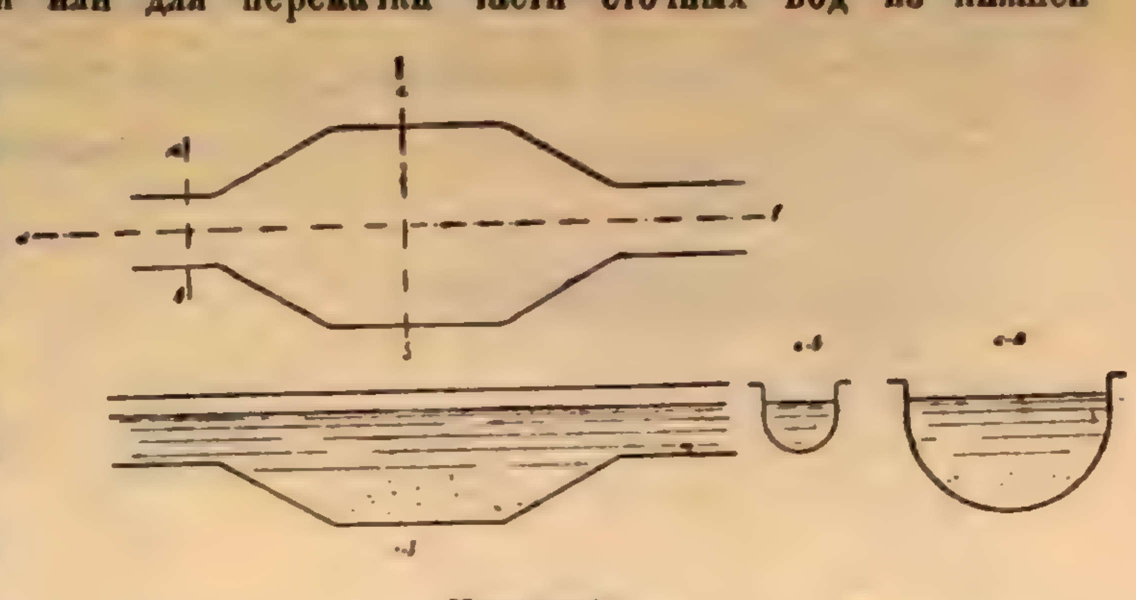
Черт. 213.

В этой системе имеются: 1) сплавная канализационная сеть, отводящая сточные домовые воды к районным насосным станциям, 2) сеть труб, принимающая сточные воды, 3) сеть электрических проводов, приводящих энергию к насосам, 4) группу насосных станций с резервуарами и 5) центральную электрическую станцию.

Такая схема канализации является пригодной для поселков, лежащих на берегу моря. Она нашла себе применение во Франции (г. St-Malo, Biaritz), Бразилии (Santos) и др. У нас такая система была бы пригодна для Ленинграда, Астрахани и пр. Для канализации поселков редко приходится устраивать большие насосные станции, вследствие малого

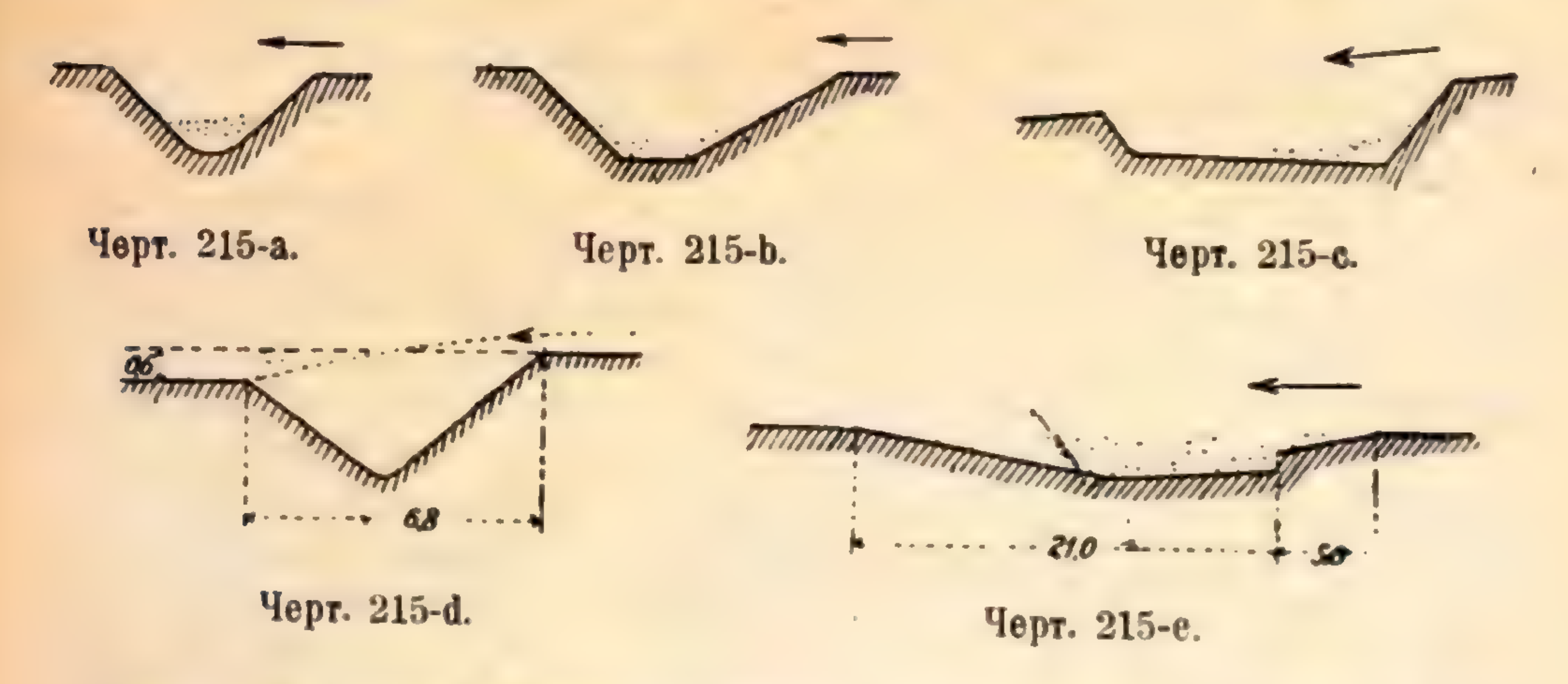
количества поднимаемой воды. Наоборот, здесь уместнее будет применить небольшие станции с электромоторами, которые устраиваются для районных канализаций или для перекачки части сточных вод из нижней зоны в верхнюю.

§ 67. Песколовки. Основное отличие насосных канализационных станций от водопроводных заключается в необходимости устройства при них п е с к о л о в о к, которые вместе с установленными на них р е ш е т к а м и з а д е р ж и в а ю т с о б и р а ю щ и е с я в сточных водах тяжелые и плавающие вещества в целях обеспечения непрерывной работы насосов. Кроме того, песколовки играют еще и роль уравнительных резервуаров, обеспечивающих равномерную работу насосов.



Черт. 214.

В сущности, песколовки представляют собой резервуары, сечение которых увеличено сравнительно с размерами притекающего к ним канала



Черт. 215-a. Черт. 215-b. Черт. 215-c.

Черт. 215-d. Черт. 215-e.

с тем, чтобы таким образом получить в них скорость, достаточную для осаждения тяжелых веществ. Простейшая схема песколовки изображена на черт. 214.

Дальнейшая эволюция схемы песколовки приводит нас к типам, показанным на черт. 215.

Эти типы, по сравнению с показанным на черт. 214, отличаются от него сокращением длины (черт. 215-a) или замены равнобокой трапеции неравнобокой (черт. 215-b) или приданием дну уклона (черт. 215-c). Наиболее удачным является тип (черт. 215-d), где, благодаря возвышению переднего ребра, затруднено осаждение взвешенных веществ.

Определение размеров песколовки по основаниям гидравлики делается следующим образом.

Определение входной площади несколько определяется из выражения $\omega = \frac{Q_{max}}{v}$, где Q_{max} — наибольший расход притекающих в песколовку сточных вод, v — скорость может быть принята равной 0,2—0,3 *м/сек.*; $\omega = bh$ (черт. 216).

Принимая вместо h величину $\frac{h+h_1}{2}$, где h_1 глубина песоколовки, получим, что

$$b = \frac{2\,\omega}{h+h_1};\ h_1 = h + m$$

(глубина песколовки, выбираемая по конструктивным соображениям от 0,8 до 2 *м*).

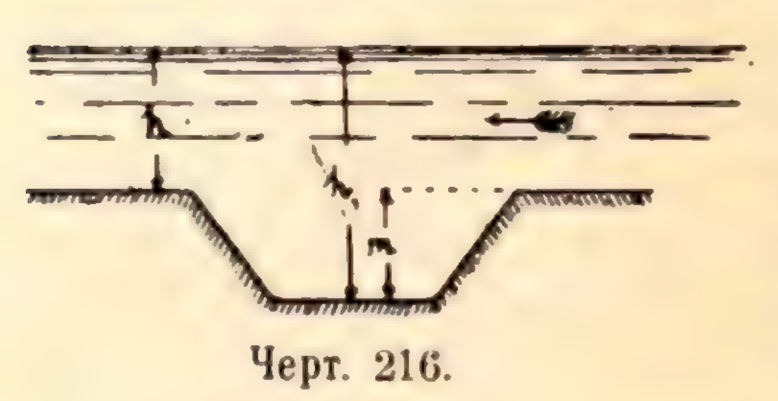
Длина песколовки $l = tv \cdot 60$, где $t = {}^1/_2 - 2$ мин.

Помимо этого необходимо, чтобы в песколовке не осаждались бы взвешенные вещества. Для этого необходимо, чтобы $v_{min} = 0{,}05$ *м*. Поэтому необходимо проверить полученные размеры песколовки по выражению

$$v_{min} = \frac{Q_{min}}{\omega} \gtrless 0{,}05\ min.$$

Кроме этого способа, английский специалист Керсхоу (Kershaw) рекомендует для определения об'ема песколовки брать от 0,5 до 1% расчетного расхода.

§ 68. Канализационные насосы. В Отделе Водоснабжения мы уже дали общие сведения о насосах и приемы для определения их основных размеров. Здесь мы только считаем нужным подчеркнуть, что по современным воззрениям для под'ема сточной воды служат центробежные насосы, так как они совершенно не имеют клапанов, правильное действие которых легко может быть нарушено крупными примесями, содержавшимся в сточных водах и могущих проскочить чрез песколовки.



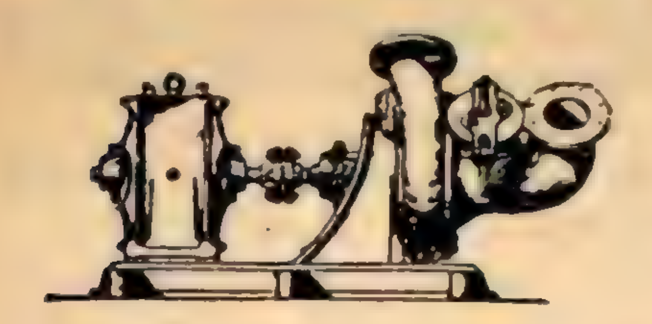
Черт. 216.

При применении центробежных насосов для канализации необходимо иметь в виду, что напорная труба должна быть расположена ниже насоса, чтобы способствовать скорейшему пронесению примесей, проскочивших чрез насос после прохождения сточных вод чрез песколовки.

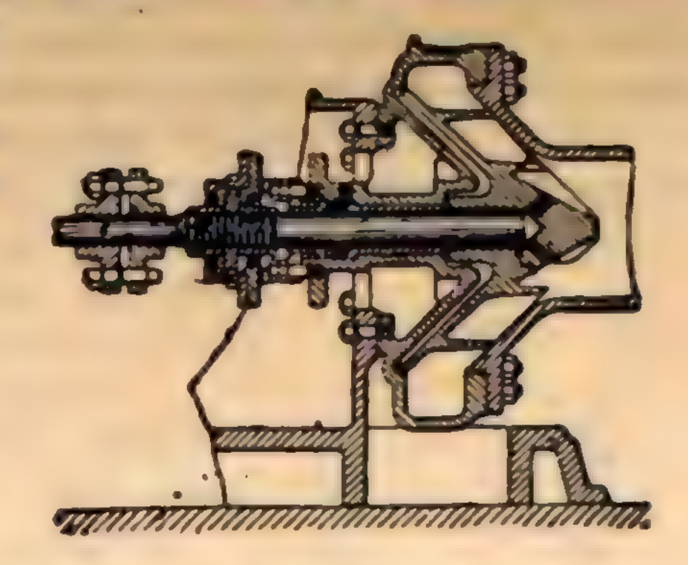
Из новейших конструкций центробежных насосов представляет большой интерес тип насосов „Стереофаг", изобретенный известным специалистом Парсонсом и сконструированный таким образом, что все поступающие в насос примеси измельчивается и тем самым не вызывают закупоривание насоса.

Насосы „Стереофаг“ не нуждаются в устройстве песколовки или раздроблении примесей на дробилках перед поступлением в насос (Москва).

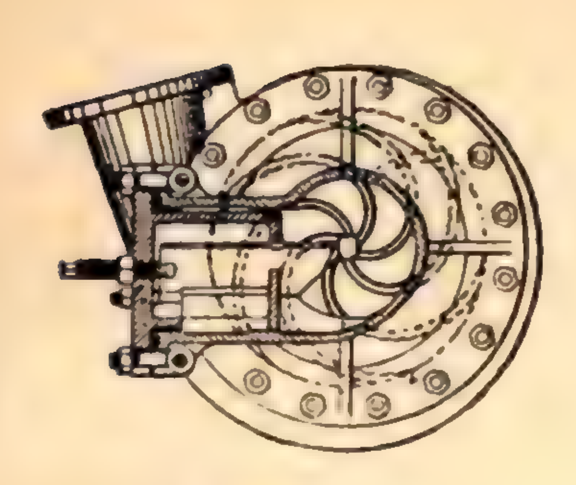
Конструкция насосов этой системы заключается в следующем (черт. 217-a-f): колесо центробежного насоса имеет коническую форму; оно вращается на оси, защищенной от непосредственного соприкасания со сточной жидкостью, поступающей сбоку по всасывающей трубе. Чу-



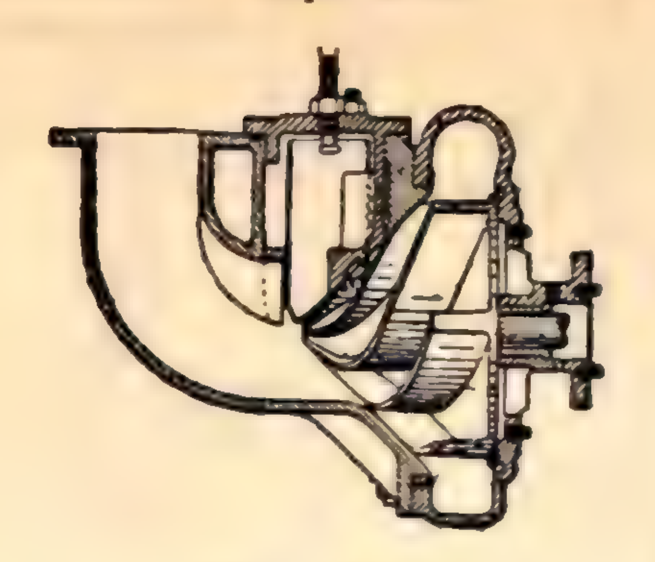
Черт. 217-a.



Черт. 217-b.



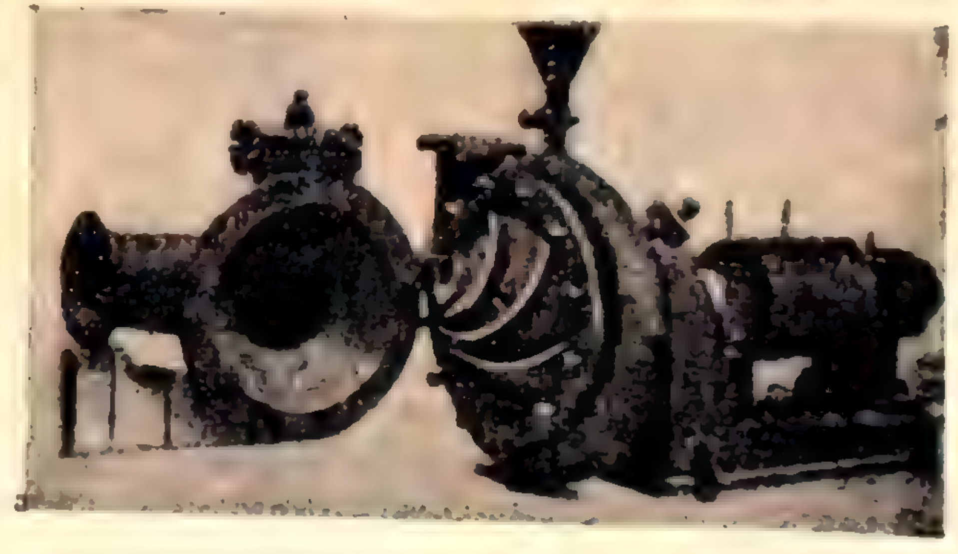
Черт. 217-c.



Черт. 217-d.



Черт. 217-e.



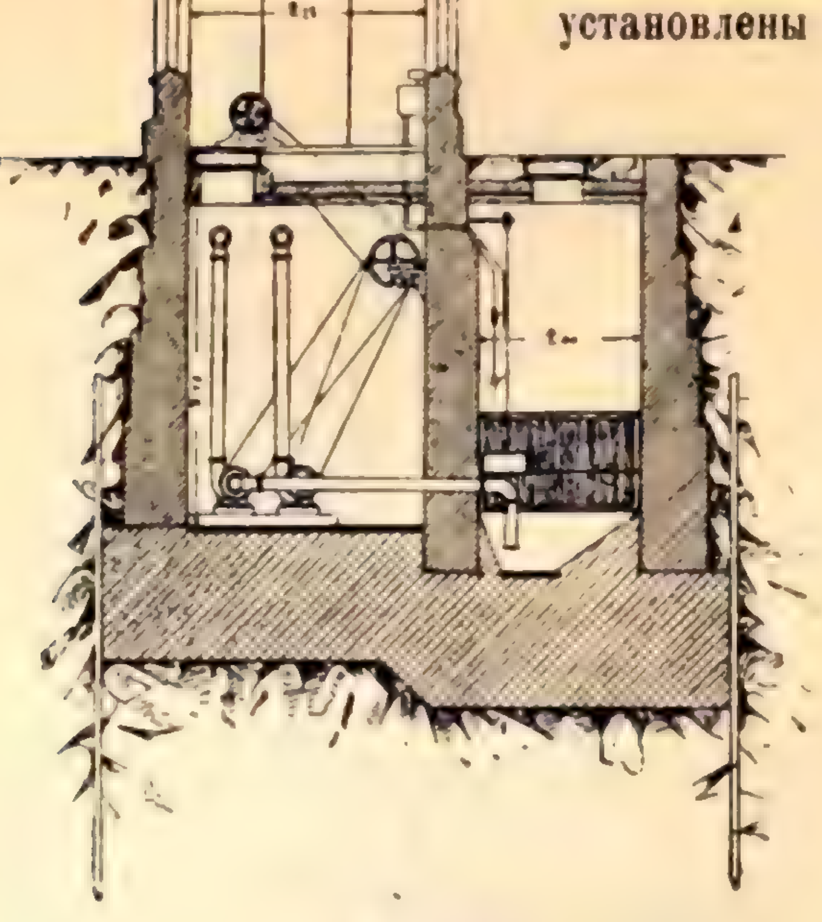
Черт. 217-f.

гунный кожух насоса также имеет строго коническую форму, наклон которой соответствует наклону колеса с лопастями. Сточная вода по выходе из колеса выбрасывается в спиралеобразную камеру, из которой выходит нагнетательная труба. Непосредственно у кожуха на всасывающей трубе устроена цилиндрическая камера, в которой установлен

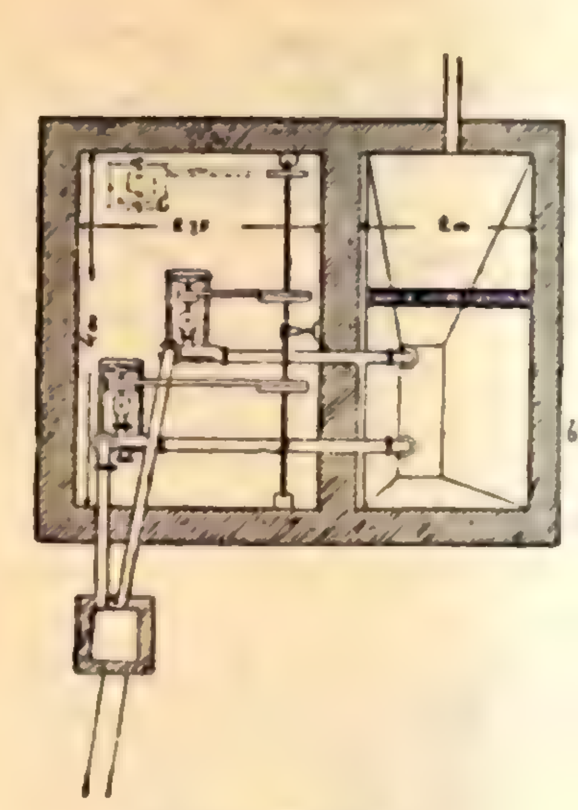
стальной нож, наклоненный под тем же углом, что и лопасти колеса и опущенный также до его оси.

Благодаря такому расположению, неподвижный стальной нож и вращающиеся заостренные книзу, лопасти колеса образуют собой как бы ножницы, разрезающие и тем самым измельчивающие все примеси, содержащиеся в сточных водах, при самом вступлении их в тело насоса. Так как пункт, где происходит разрезание, является самым узким, то после его прохода уже не может произойти застопоривания насоса. Кроме того, на внутренней стенке кожуха сделан спиральный желобок, чтобы еще более обеспечить непрерывность работы насоса.

Вследствие такой конструкции насоса коэффициент полезного действия его не понижается по мере его службы, как это обыкновенно бывает с канализационными насосами обычного типа. Центробежные насосы системы „Стереофаг“ были установлены в нескольких городах: Buenos-Aires,



Черт. 218-а.



Черт. 218-b.

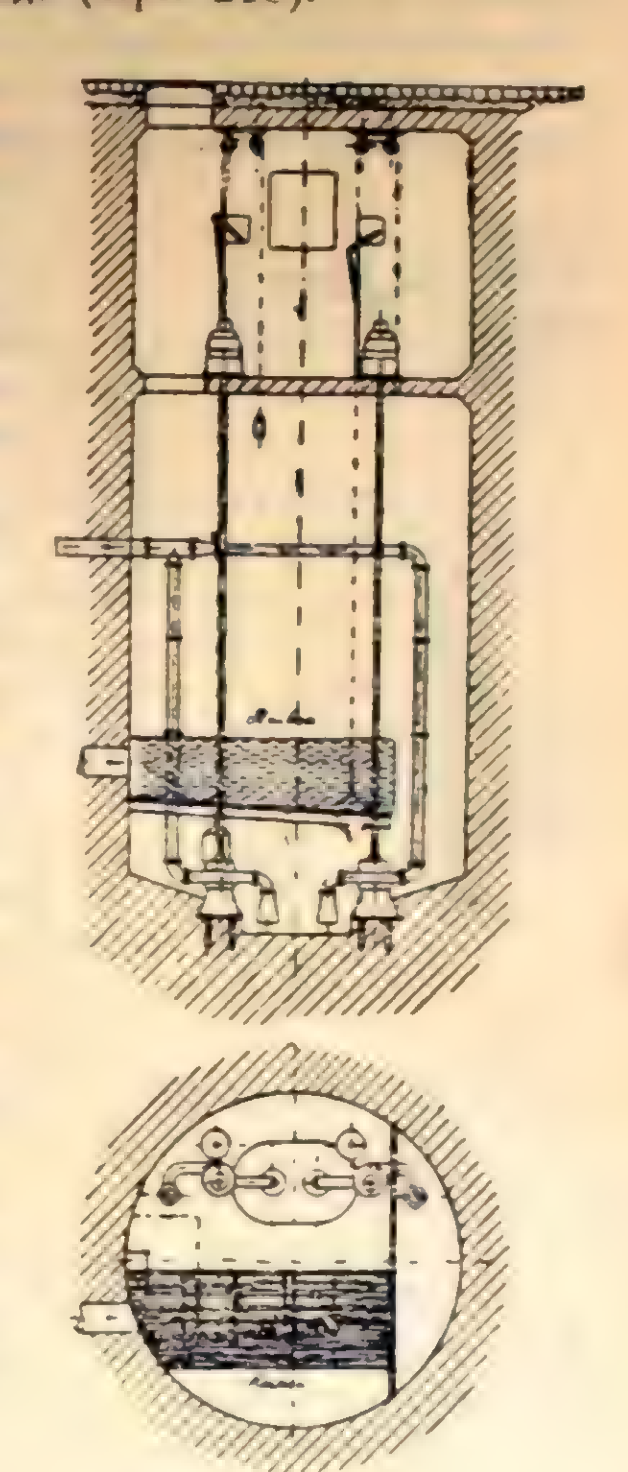
Leeds, Barbly, Riccall, Clingford, Evesham (Англия), La Zoute (Бельгия), Sorz am Rhein (Германия) и пр.

По данным, полученным на этих установках (Leeds, Barbly), насосы сист. Стереофаг работали превосходно в течение 2 лет и пропускали чрез себя всякие примеси волокнистого характера без перерыва; при этом коэффициент полезного действия их с течением времени не понизился. В этих же городах насосы „Стереофаг“ были испробованы для откачивания ила из осадочных бассейнов. Опытная откачка ила (90% воды, 10% примесей) в течение 3 часов увенчалась полным успехом. Из вышеизложенного следует заключить, что насосы „Стереофаг“ сист. Парсонса с технической и экономической точки зрения вполне разрешили вопрос о перекачке сточных вод, так как, благодаря их применению, нет надобности ни в вывозе осадков, задерживаемых решетками или ситами, ни

в устройстве дробилок, требующих для своего движения добавочной энергии.

§ 69. Насосные станции. Из многочисленных типов насосных станций мы ограничимся только описанием небольших автоматических станций, наиболее подходящих для канализации поселков. Простейшим типом является установка в г. Обершейнвейде (черт. 218).

Сточные воды притекают в песколовку, в стенки которой вделана решетка для задержания плавающих веществ, для под'ема сточных вод установлены на дне сухой части колодца два центробежных насоса, приводимые через трансмиссию электромотором, установленным наверху и получающим свой ток от электрической станции. Для включения и выключения насоса из работы служит поплавок, опущенный в песколовку и связанный с прибором, через который доставляется ток к электромотору. Другой, более современный вариант автоматической насосной станции представляет собой установку, показанную на черт. 219 и примененные у нас в Сталинграде. Насосы приводятся в действие электромоторами, поставленными наверху и пускаемыми в ход посредством поплавков. Для защиты насосов от осадков установлена неподвижная решетка с отверстиями 10—15 *мм*. Станции такого типа получили распространение, как в Германии, так и в С. Ш. С. А.



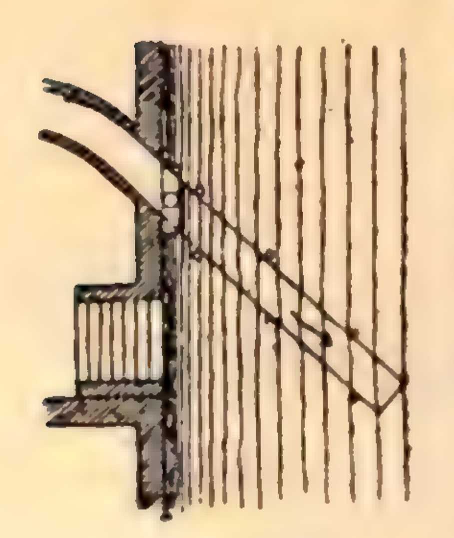
Черт. 219.

§ 70. Главные отводные коллектора и устье сети. Все сточные воды поселка должны быть отведены трубами или каналами на очистные сооружения. Если последние лежат ниже поселка, то отвод сточных вод совершается в с а м о т е ч н ы х к о л л е к т о р а х; в противном случае должны быть уложены некоторые трубы. Могут встречаться и такие случаи, когда приходится вести их частью с а м о т е к о м, частью под н а п о р о м. Все соображения, приведенные в главе I Отдела, Трассирования самотечных и напорных линий, для проведения воды к поселку сохраняют свою силу и для отведения сточных вод к очистным сооружениям, вследствие чего во избежание повторений мы не будем останавливаться на этом вопросе. Наиболее удобным материалом для напорных труб поселковой канализации является чугун или железо-бетон.

Устье сети обыкновенно устраивается после прохода сточных вод чрез очистные сооружения, но в целях удобства изложения мы помещаем этот вопрос раньше, так как он конструктивно более связан с общим устройством водосточной сети.

Основное правило для устройства устья сети в реках заключается в таком расположении отводного канала, чтобы было обеспечено наилучшим образом смешение сточных вод и речных. Естественно, что для этой цели необходимо устье сети выводить до стержня реки, где имеется наиболее сильное течение при горизонте с низких вод. Далее желательно конец выводного канала, во избежание отложений, располагать не на дне реки, а в средине живого сечения; затем направление скорости сточных вод, вытекающих из отводного канала, должно составлять с направлением течения воды при меженнем горизонте, по возможности, острый угол.





Черт. 220.

Далее, необходимо располагать отводной канал вне влияний весенних вод и паводков; конец устьевой трубы может быть погружен в воду, но с таким уклоном, чтобы подпор не распространялся бы на большую длину канала. Погружение выводного канала ниже уровня самых низких вод имеет то преимущество, что в этом случае устье не подвергается действию ветра, который может нарушить правильность вентиляций сточной сети, да и смешение сточных вод с речными производится более энергично.

Простейшим примером устройства устья сети в реке, сделанного из железной трубы, может служить показанная на черт. 220 конструкция. Практичным является применение для устройства устья дерева при условии погружения трубы ниже уровня горизонта низких вод; также приемлемы для этого случая чугунные и стальные трубы.

Для приморских городов устройство выводного канала устья представляет большие трудности и требует больших затрат. Укладка выпускного канала на небольшом расстоянии от берега не предотвращает возвращения нечистот во время приливов или прибоев волн на береговую полосу (Ялта) что, конечно, с санитарной точки зрения является недопустимым. Это положение особенно ухудшается для морских курортов, где береговая полоса служит для купанья, и для портовых городов, где при выпуске сточных вод в пределах порта можно ожидать только загрязнения портовых бассейнов. Поэтому, для таких случаев следует отказаться от спуска нечистот непосредственно в море без всякой очистки. Для впуска в море являются пригодными по мнению английских специалистов лучше всего чугунные трубы.

В случае наводнений на реках или сильных волнений в морях приходится запирать устье затворами, а для приема очищенных вод скоплять их в резервуаре и оттуда перекачивать в водный проток временными насосами.

ГЛАВА XX.

Загрязнение и самоочищение водных протоков. Способы очистки сточных вод и изыскания для составления проекта очистных сооружений.

§ 71. Загрязнение и самоочищение водных протоков. При постепенном развитии канализации в различных государствах стали загрязняться водные протоки, служившие естественными приемниками для спуска сточных вод. В результате этого загрязнения нижележащие на реках поселки и города стали получать грязную воду для своих водопроводов, благодаря чему в них начали возникать эпидемии брюшного тифа, дизентерии и холеры. Далее опасность с санитарной точки зрения возникает и при стирке и мойке белья в реках, при купаньи в водных протоках, при употреблении устриц, и при пользовании загрязненной водой судовыми командами. Кроме того, получается и хозяйственный ущерб от спуска вследствие уничтожения рыболовства и рыбоводства. Все эти вредные влияния загрязнения водных протоков были неоднократно изучены учеными, как за границей, так и в СССР. Эти исследования дали возможность установить особый процесс освобождения рек от вносимых в них загрязнений, известный под именем самоочищения рек. Процесс самоочищения представляет собой совокупность целого ряда процессов (физических, химических и биологических) и заключается в следующем: в пункте, в котором изливаются сточные воды в реки, и далее на некотором расстоянии от пункта загрязнения, сточные воды механически осаждают свои тяжелые частицы на дне реки, вместе с которыми падает на дно и часть бактерий, содержащихся в сточных водах; одновременно с этим взвешенные частицы измельчиваются по мере движения их в реке и, подвергаясь действию кислорода воздуха и воды, окисляются при помощи бактерий, водорослей и низших организмов, совершающих свою биологическую работу.

Для оценки способности рек к самоочищению многие ученые пытались дать простые нормы путем введения понятия о коэффициенте разжижения речными водами сточных.

Величина этого колебалась от 1 : 15 — 1 : 20 (Pettenkofer, Letheby) до 1 : 130 (Stearns). Значение этого коэффицента условное, но для больших русских рек (Волга, Дон, Днепр) и малого количества сточных вод поселков (от 100 до 500 *кб. м/сут.*) может иметь некоторое практическое значение, в особенности при редком расположении поселений на берегах рек. Так, нам известен случай выпуска сточных вод без всякой очистки, напр., гор. Киев спускает сточные воды в Днепр в течение 10 лет, где, благодаря высокому значению μ (около 1 : 1300) не замечается какого-либо большого вреда для здоровья населения.

При изучении процессов самоочищения необходимо иметь в виду два процесса: кажущееся самоочищение (осаждение взвешенных веществ в русле и на берегах реки) и действительное (обусловливаемое движением речной воды деятельностью альг, светом и температурой). Нас может интересовать только действительное самоочищение для практических целей и, если экономические причины не позволяют применить соответственную данному случаю очистку сточных вод, то спуск сточных вод для поселка может быть разрешен органами здравоохранения на определенный срок (до 10 лет).

§ 72. Классификация способов очистки сточных вод. Из соображений приведенных в предыдущем параграфе можно видеть, что во многих случаях достаточно для охраны больших водных протоков устранить те факторы, которые обусловливают кажущееся самоочищение рек, вызываемое осаждением нерастворенных веществ на дне и берегах их.

Те способы очистки, в которых достигается удаление нерастворенных веществ, в санитарной технике носят общее название механических способов.

Эти способы не дают в результате очищенную жидкость в строгом смысле слова, т.-е. не переводят органические вещества в минеральные, а лишь осветляют сточные воды, избавляя их от значительной части нерастворенных веществ.

Так как в группу нерастворенных веществ входят тяжелые, плавающие, взвешенные и жировые вещества, то пришлось санитарным инженерам поработать над изобретением таких конструкций приборов, которые могли бы выделять эти вещества из сточных вод.

Для выделения тяжелых веществ применяют бассейны особой конструкции, получившие название песколовок; для выделения плавающих веществ пользуются разнообразными конструкциями решеток и сит; для выделения взвешенных веществ употребляют осадочные бассейны, колодцы, осветительные башни и котлы; наконец, для выделения жировых веществ пользуются центральными жироловками.

Некоторые конструкции решеток и сит с очень мелкими отверстиями могут быть утилизированы для выделения взвешенных веществ без добавления к ним осадочных бассейнов или колодцев, образуя этим самостоятельный метод механического очищения, называемый машинным.

Если пред напуском сточных вод в бассейны, колодцы и башни к ним примешивают химические реактивы (известковое молоко, сульфат глинозема и пр.), для усиления процессов осаждения, то соединения камер смешения с реактивами и сооружений для выделения взвешенных веществ образуют собой механо-химические способы очистки. Хотя при применении этих способов происходит помимо выделения взвешенных веществ, выделение части растворенных, все же эти способы, подобно чисто механическим, не очищают сточных вод, а лишь осветляют, давая в результате загнивающую воду.

Все механические и механо-химические способы очистки сточных вод могут употребляться при благоприятных местных условиях,

как самостоятельные способы очистки сточных вод, или как способы, имеющие целью лишь облегчить последующую очистку сточных вод на соответственных сооружениях.

Кроме применения механических и механо-химических способов, в качестве способов для предварительной обработки сточных вод, пользуются еще особыми бассейнами-загнивателями, в которых сточные воды вследствие долгого пребывания сравнительно с осадочными бассейнами и колодцами, загнивают, подвергаясь некоторому разложению под влиянием гнилостных процессов и оставляют в загнивателях меньше осадков и при том более плотной консистенции, чем при других способах.

Как в загнивателях, так и в других сооружениях для предварительной обработки сточных вод, осаждается сравнительно мало коллоидальных веществ-элементов, которые легко закупоривают фильтрующий материал в сооружениях для окончательной очистки сточных вод. Это заставило специалистов изобрести ряд приборов для предварительной обработки сточных вод, в которых, помимо наилучшего выделения взвешенных веществ, выделялись бы и коллоидальные вещества. Эта задача была разрешена доктором Travis, который, подметив недостатки загнивателей, сконструировал в Hamdton-on Thames прибор, названный им гидролитическим тэнком.

Изобретение Travis'а дало толчок к появлению ряда новых конструкций того же названия.

Так появились Эмшерские колодцы инж. Imhoffа, представляющие собой ухудшенный вариант гидролитических тэнков, бассейны Grumm'а, Нейштадтские бассейны, пластинчатый окислитель Dibdin'а, септики-сепараторы Заславского, бассейны OMS и др. Но все эти приборы, образуя группу способов предварительной обработки сточных вод, могут употребляться, как самостоятельные способы, лишь при благоприятных местных условиях. В противном случае приходится прибегать к применению тех способов очистки сточных вод, которые, давая в результате незагниваемую воду, переводят органические вещества в минеральные.

Этим способом присвоено общее название биологических способов очистки сточных вод.

Биологические способы очистки сточных вод делятся на две группы: естественно-биологические и искусственно-биологические.

К естественным биологическим способам очистки сточных вод относятся поля орошения и фильтрационные поля. В обоих способах очистка сточных вод производится посредством фильтрации сточных вод через слои подходящей почвы, но в первом способе происходит еще утилизация удобрительных веществ, содержащихся в сточных водах, для произрастания кормовых трав, хлебных злаков, корнеплодов, деревьев и пр.

Искусственно-биологические способы называемые обыкновенно в технике биологическими фильтрами, отличаются от естественных способов тем, что здесь роль почвы играют искусственные

материалы (шлак, кокс и др.), через которые и производится фильтрация сточных вод.

Биологические фильтры могут быть разбиты на две основные группы: заливные или контактные и капельные или перколяционные.

Заливные фильтры представляют собой искусственные фильтрационные поля, работают периодически через установленные промежутки времени и требуют большого ухода, чем непрерывно-работающие капельные фильтры.

К искусственным биологическим способам нужно отнести и появившийся в 1914 г. и испытанный у нас в Москве способ очистки сточных вод активным илом, основанный на вдувании в бассейны и фильтры воздуха (аэротэнки и аэро-фильтры).

Между естественными и искусственными способами очистки сточных вод в настоящее время не делают разницы и с санитарной точки зрения, так как оба эти метода при рациональном их применении дают незагниваемую воду.

В очищенных биологическими способами сточных водах содержатся значительные количества микроорганизмов. Хотя эти микроорганизмы, по большей части, принадлежат к сапрофитным, т.-е. питающимся мертвой материей, все же существует известная опасность, что в их массе легко могут найтись болезнетворные микроорганизмы, которые, попадая в водные протоки, могут служить причиной возникновения эпидемий в нижележащих местностях.

Для борьбы с эпидемиями с давних пор, еще до устройства систематической канализации, прибегали к дезинфекции химическими реактивами содержимого выгребов, что при продолжительности эпидемий поглощало у городских самоуправлений огромные суммы, достигая в лучшем случае, средних результатов.

В настоящее же время, при существовании очистных станций, находят более достигающим своей цели и более экономным добавление к очистным сооружениям особых сооружений для дезинфекции сточных вод во время эпидемий, куда жидкость направляется после осветления или после очистки.

Размеры этих сооружений, представляющих собой в большинстве случаев осадочные бассейны или колодцы, в которые вводятся дезинфектанты, зависят от избранного типа очистных сооружений. На некоторых станциях эти бассейны и колодцы построены с целью задержания вымываемых очищенной водой частиц из биологических фильтров. Само собой разумеется, что в случае надобности они легко могут быть применены и в целях дезинфекции.

Кроме дезинфекции очищенных сточных вод, находят выгодным использовать эти воды для целей рыболовства путем устройства прудов. Подобные пруды, которые служат до некоторой степени целям полного обезвреживания сточных вод, давно уже устраиваются на полях орошения (Москва, Париж), а за последнее время начинают применяться и на биологических станциях.

Приведя эту классификацию, мы в дальнейших главах будем рассматривать только те типы очистных сооружений, которые пригодны

для канализации поселков, отсылая интересующихся подробностями к нашему сочинению: „Очистка городских сточных вод".

§ 73. Изыскания для составления проектов очистных сооружений. При составлении проекта очистных сооружений необходимо сделать тщательные разнородные изыскания (топографические, гидротехнические, геологические и др.).

Было бы желательно, чтобы очистные сооружения были бы устроены так, чтобы был возможен отвод сточных вод поселка к ним самотеком.

Но такие случаи возможны только для горных поселков (напр., Пятигорск). В подавляющем большинстве случаев приходится поднимать воду на очистные сооружения. Поэтому изыскания имеют целью сначала выяснить удобные условия для начертания напорной линии, для чего нужно знать положение очистной станции и данные о том водном протоке, в который спускаются сточные воды. Таким образом, здесь нужно произвести топографические и гидротехнические изыскания, о которых было уже выше приведены все необходимые данные. При выборе территории для очистных сооружений необходимо, чтобы они имели бы скат к реке от 3 до 5 *м*, чтобы обеспечить естественный сток из одного звена очистной станции в другое.

При устройстве полей орошения и фильтрационных полей необходимо производить тщательные исследования почвы с целью выяснить пригодность ее для очистки сточных вод. Это выясняется путем заложения ряда неглубоких буровых скважин на среднем расстоянии 300—500 *м*.

В случае устройства очистных сооружений для приморских поселков приходится разрешать вопрос о выборе территории для очистных сооружений в высшей степени осторожно, чтобы не были бы нарушены интересы больных, купающихся в море, на что, к сожалению, мало обращается внимания в практике СССР.

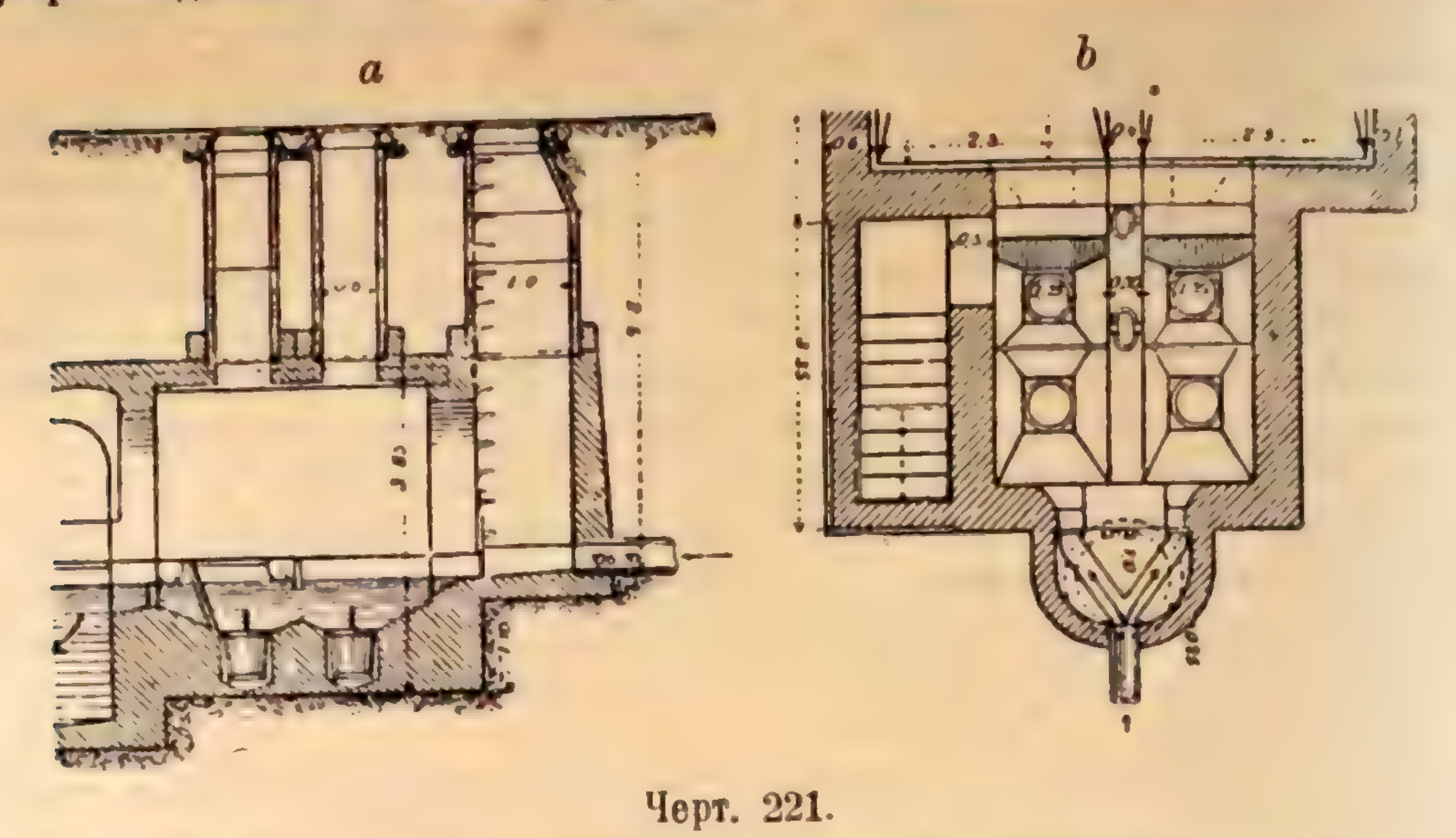
ГЛАВА XXI.

Механические и механо-химические способы очистки сточных вод.

§ 74. Песколовки. Песколовки на очистных станциях имеют своим назначением выделение из состава сточных вод тяжелых минеральных частиц, не подвергающихся какому-либо обезвреживанию и потому затрудняющих работу дальнейших звеньев очистных станций. Конечно, трудно так сконструировать песколовку, чтобы в ней бы не осаждались и органические частицы но количество этих примесей по данным практики не превышает 10%. В общем же осадки из песколовок содержат в себе от 35 до 60% воды, что дает возможность после их подсушивания употреблять на подсыпку неровностей территории очистных станций. Их общее количество может быть определено по норме 10—20 литров на 1.000 чел. в сутки.

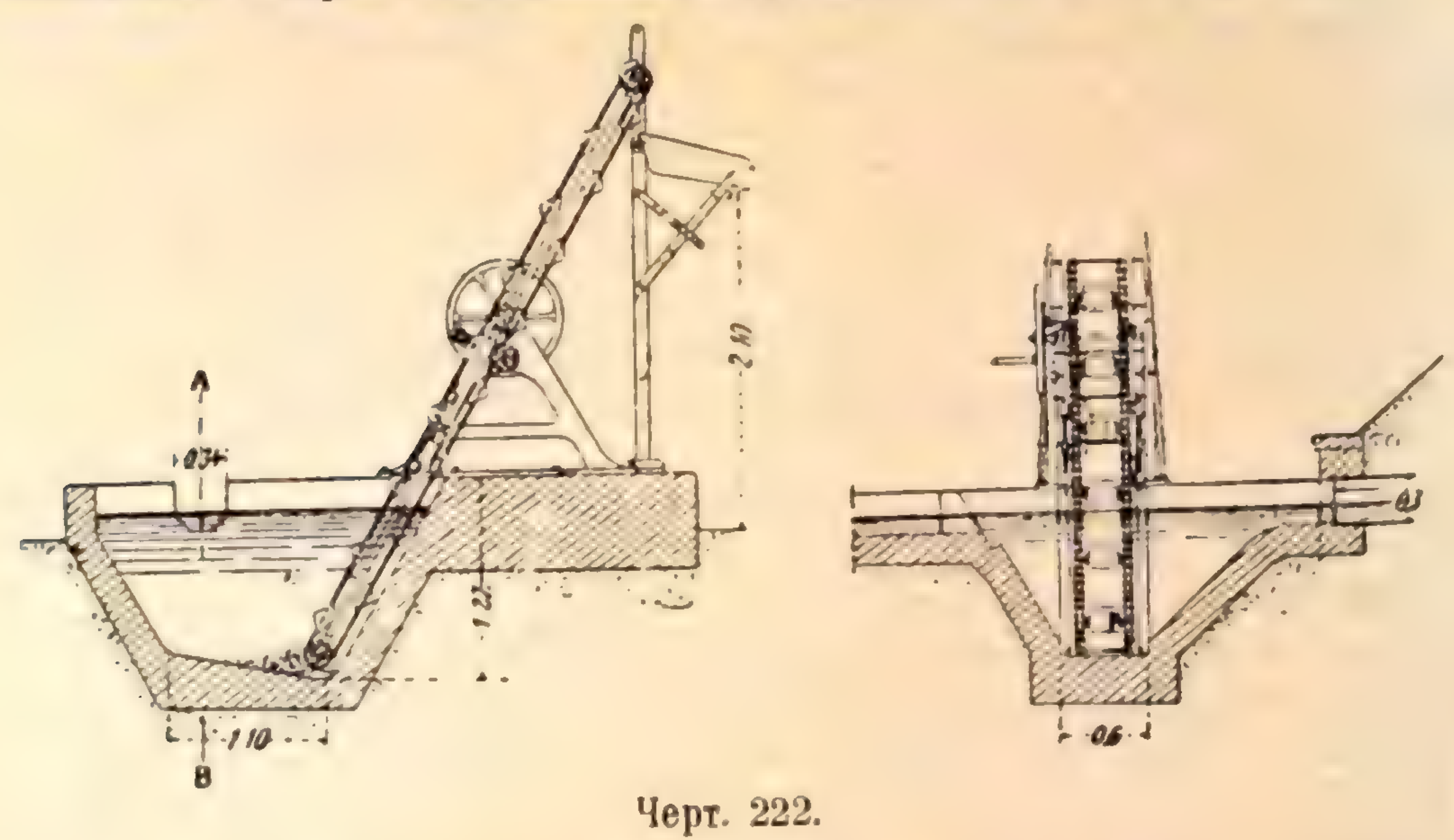
Малое количество сточных вод из водосточной сети поселков заставляет нас ограничиться приведением простейших типов, одним из

каковых является установка в небольшом гор. Бернкастеле (черт. 221). Здесь осадки скопляются в ведрах, поднимаемых через лазы на поверхность земли, где уже происходит нагрузка их в вагонетки. Песколовка устроена двойной по общему принципу всех очистных сооружений.



Черт. 221.

Вместо ведер можно употреблять для извлечения осадков из песколовок, и нории с 8—12 черпаками. Приведение их в движение может производиться как вручную, так и при посредстве электромотора. Тип песколовки с норией, передвигаемой вручную, показан на черт. 222.



Черт. 222.

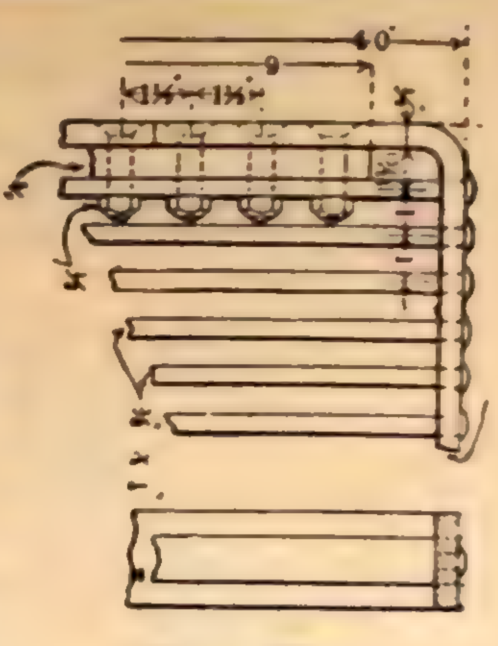
Здесь нория передает поднятые ею осадки через желоб в вагонетки.

Резервуары для песколовок делаются из кирпича или бетона; при применении норий для удаления осадков те части песколовок, которые соприкасаются с нориями обделываются клинкером, гранитом или железными листами. Если над песколовками устраиваются здания, то необхо-

димо избегать в них применения дерева, а железные части оцинковывать или окрашивать.

Все расчеты, относящиеся к определению основных размеров песколовок, приведены нами выше в главе о насосных станциях.

§ 75. Решетки и сита. Под решетками мы разумеем такие приборы, в которых отдельные полосы или прутья параллельны друг другу в продольном или поперечном направлении, и которые предназначаются для вылавливания крупных взвешенных, плавающих и волокнистых веществ, а под ситами приборы, в раме которых имеются две системы параллельных полос или прутьев, или листы из металла, продыравленные мельчайшими отверстиями, которые предназначаются для задерживания более мелких взвешенных веществ (преимущественно органических). Кроме того иногда классифицируют решетки и сита по величине прозоров и отверстий, при чем для решеток предельной величиной прозоров является 15 *мм*, а сита могут иметь отверстия от 15 *мм* до 1,5—2 *мм*.



Черт. 223.

Все решетки и сита, будучи установлены в каналах или камерах, в которых движется сточная вода, стесняют их сечение и тем самым вызывают некоторый подпор. Величину этого подпора определяют по формуле:

$$h = \frac{\alpha\,(v_2^2 - v_1^2)}{2g} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (26),$$

где α — коэффициент скорости $= 0{,}7$, v_1 — скорость движения притекающей к решетке воды, v_2 — скорость движения воды, протекающей через решетки. Далее из условия неразрывности массы имеем $v_1\ \omega_1 = v_2\ \omega_2$, где ω_1 — площадь поперечного сечения камеры (канала) перед решеткой, а ω_2 — площадь всех отверстий решетки. Отсюда определяем $v_2 = \frac{v_1\,\omega_1}{\omega_2}$, а затем и h по форме (26).

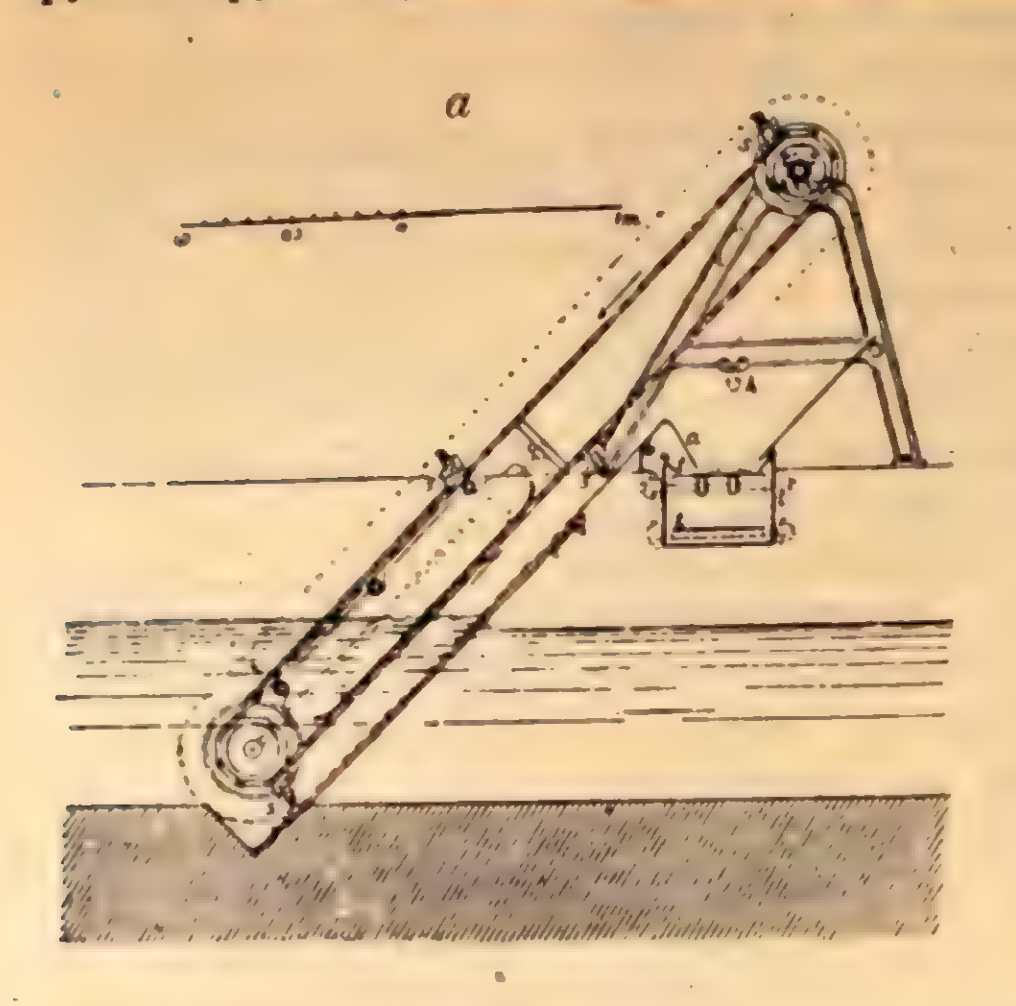
Черт. 224.

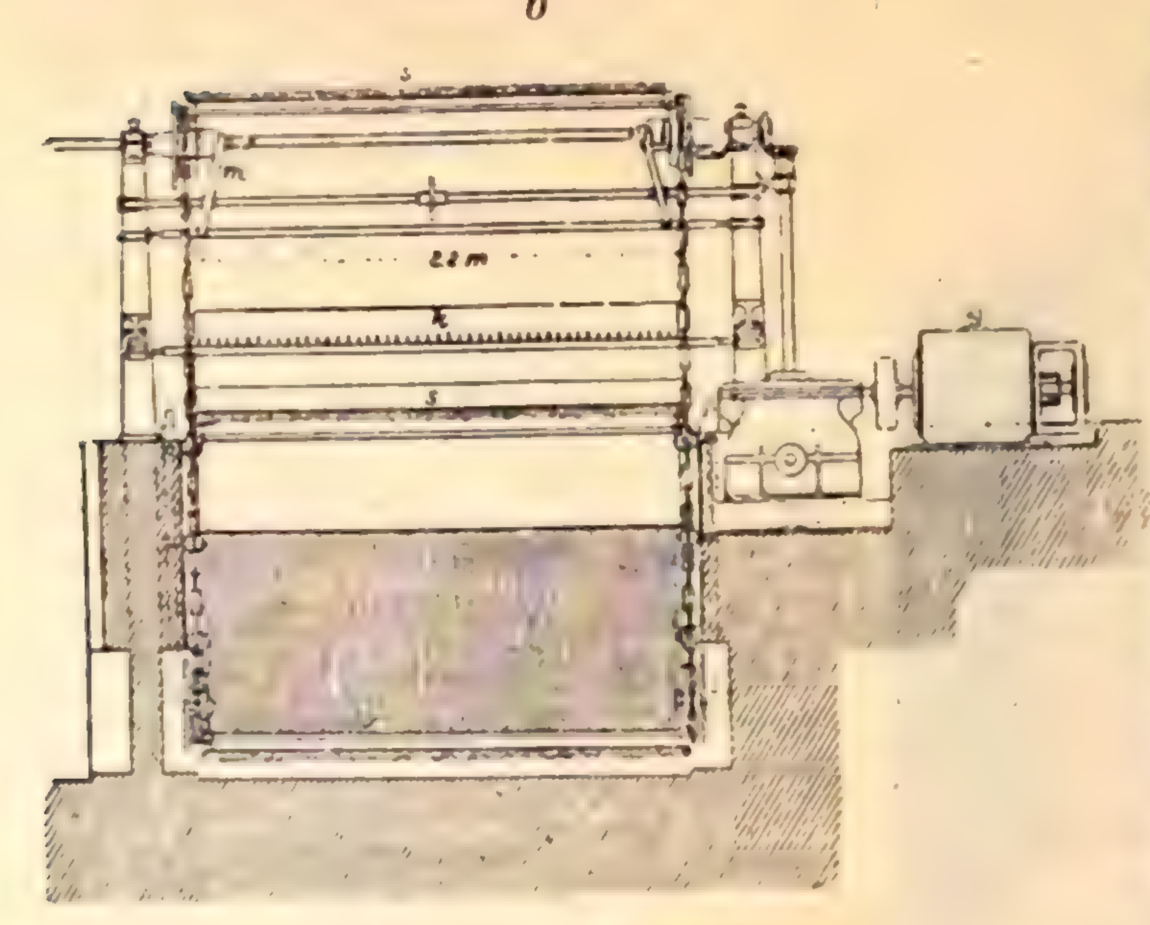
Соотношение между скоростями $\frac{v_2}{v_1}$ может быть принято в 1,2—1,6, но во всяком случае v не должно быть более 0,8 — 1 *м* во избежание подпора. По этим данным легко произвести нужный расчет. Решетки и сита могут быть разбиты на две основные группы: установленные неподвижно

в очистных сооружениях и приводимые в движение различными двигателями.

Неподвижные решетки устраиваются из железных полос, круглых прутьев, фасонного железа и проволоки. Тип решетки показан на чертеже 223.

Решетки имеют прямолинейное или криволинейное очертание и устанавливаются вертикально или наклонно к горизонту. Полосы или прутья, составляющие решетку, должны иметь такое поперечное сечение, чтобы можно было легко очищать решетки; поэтому образуемые ими прозоры должны расширяться по направлению к выходу воды. Таким образом, является выгодным придавать прутьям решетки круглое, ромбоидальное или треугольное поперечное сечение. Очистка неподвижных решеток первональных конструкций производилась вилами и граблями, что являлось опасным для здоровья рабочих, так как при ее производстве приходилось опускаться в сточные каналы и песколовки. Поэтому сначала для улучшения ручной очистки решетки, применяли под'емные решетки, где после поднятия одной решетки на ее место спускалась другая (черт. 224).





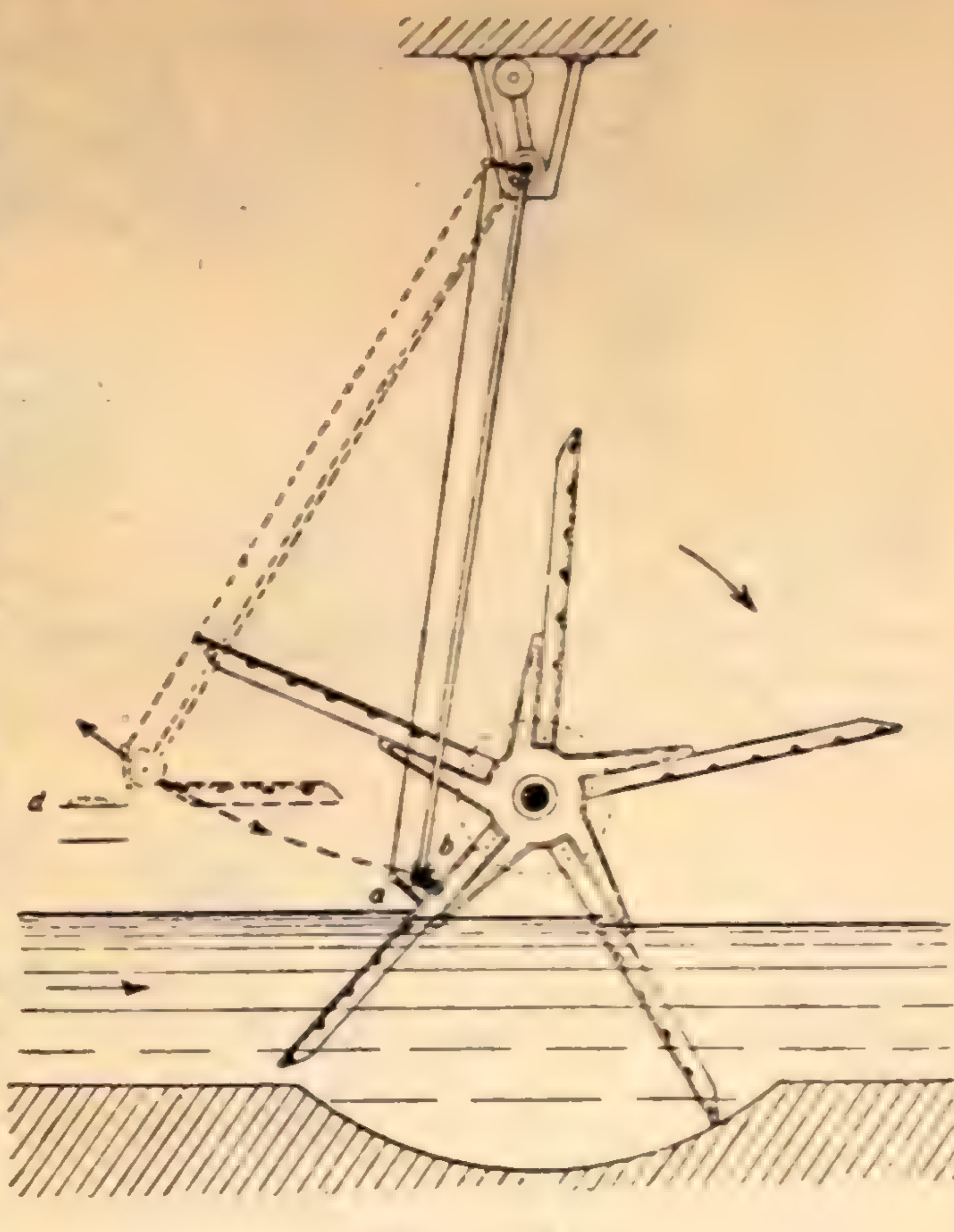
Черт. 225.

Дальнейшим этапом развития конструкции решеток, явилось введение механических приспособлений, которые заключаются в движении

между прозорами решеток зубцев, пальцев, щеток или черпаков, прикрепленных к бесконечной цепи, приводимой в движение мотором небольшой мощности. Эти зубцы захватывают осевшие на решетках частицы, поднимают их из воды и сбрасывают или прямо в вагонетки, или же на транспортерные ленты, с которых уже они поступают в вагонетки и вывозятся из очистной станции. Примером решетки с механической очисткой может служить конструкция, примененная в г. Кельне (черт. 225).

Здесь для очистки решетки применены с'емные стальные щетки *S*, которые легко захватывают с решеток осевшие частицы и сбрасывают их через изогнутый лист *o* на передаточную ленту *t*, откуда они уже поступают на вагонетки; *k* добавочные грабли, которые сбрасывают еще оставшиеся на щетках частицы. Посредством пальцев *m* можно пускать в ход и выключать цепи со щетками, приводимые в движение электрическим мотором.

Из типов подвижных решеток заслуживают внимания конструкция Ульфельдера (черт. 226).

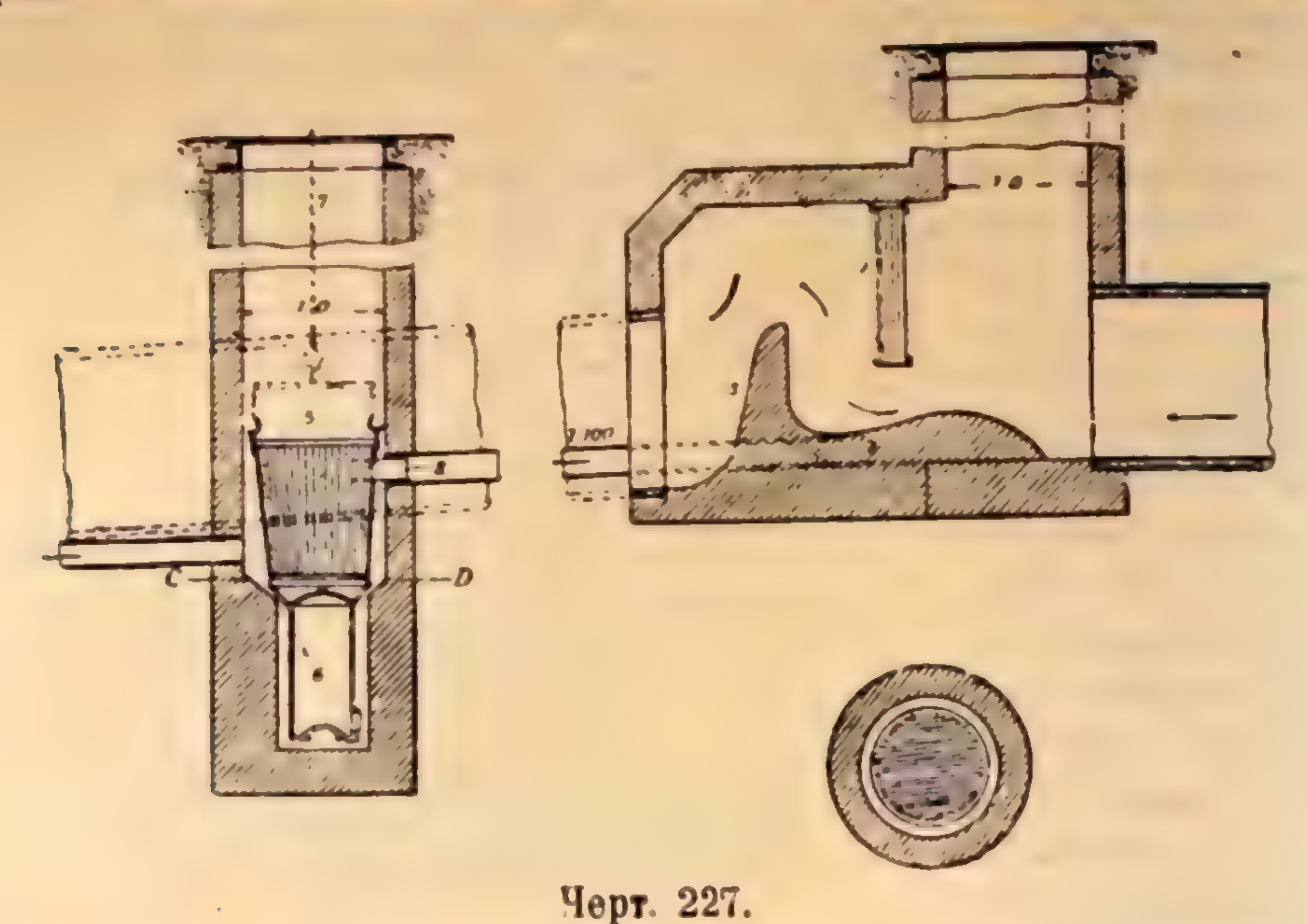


Черт. 226.

Здесь решетка, поворачиваемая таким образом, чтобы два крыла ее находились всегда в сточной воде, очищается механическим скребком *a*, который вращается около оси *c* со щеткой *b*; при поворачивании решетки скребок *a* и щетка *b* сметают частицы к заостренному концу решетки и затем посредством непоказанного на чертеже листа сбрасывают их на транспортерную ленту *d*. Кроме подвижных решеток Ульфельдера имеются еще другие типы, непригодные для очистных станций поселков по своей сложности; к ним принадлежат: колесо с сетчатыми черпаками системы Гейгера (Geiger), цепные решетки системы Брюнотт (Brunotte) и др.

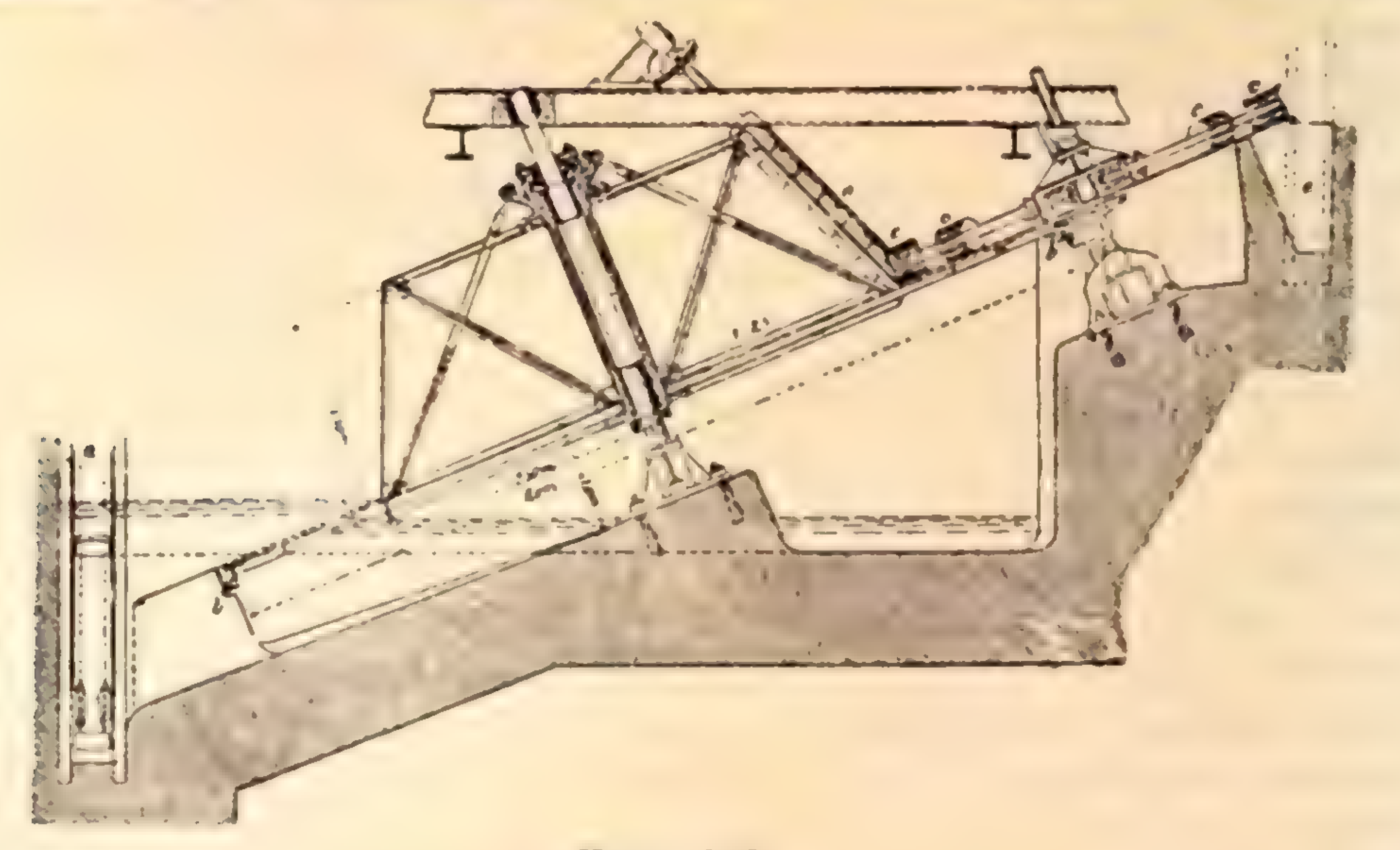
Простейшей формой подвижных сит является проволочная корзинка, примененная на очистной станции г. Бонна (черт. 227); под ним установлено ведро для приема тяжелых частиц. Здесь для

очистки проволочной корзинки от осевших частиц, приходится поднимать ее из воды в смотровом колодце. Для больших количеств воды такие типы сит не применимы; так как потребовалось бы ставить много ведер и придавать им большие размеры. В этих случаях употребляют под-



Черт. 227.

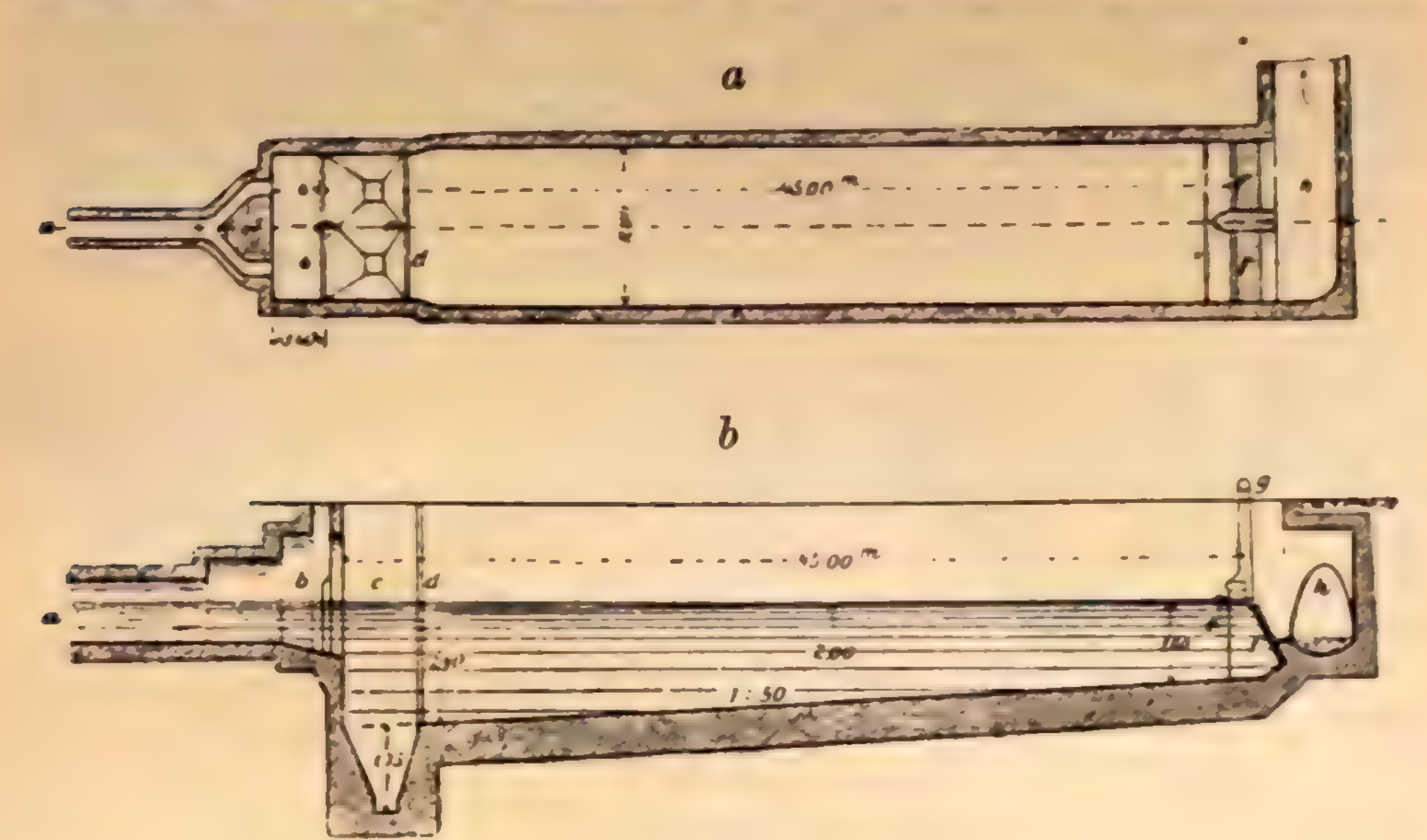
вижные сита, очистка которых от осевших частиц производится вне воды. К этой группе сит принадлежат: цилиндрические и конические подвижные барабанные сита Виндшильда (Windschild) с очисткой их сжатым воздухом



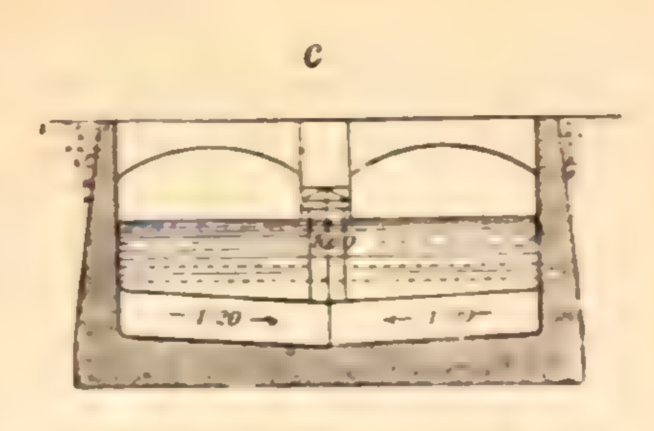
Черт. 228.

барабанные сита Уйэнда (Weand), дисковые сита Лэсзэма (Latham), сита Ринша (Riensch), конические сита Шумана и Хеербрандта (Schumann und Heerbrandt), ленточные сита Джон Смиза (John Smith and C-ie), ленточные сита Мецгера (Metzger) и пр.

Из этих типов сит, заслуживают внимания сита Ринша, конструкция которых выработана долголетними опытами и примененная у нас в СССР (Ленинград, фекалепровод). Конструкция сита Ринша будет видна из следующего чертежа 228. Сточные воды, пройдя песколовку и решетки, поступают на сито Ринша, с отверстием 2 *мм*, диаметр 8 *м*. Удаление осадков с конической части производится щетками *d*, которые сбрасывают их на плоскую часть сита. Отсюда эти осадки вместе с осадками на плоской части сита, удаляемыми 8-ю звездообразно расположенными



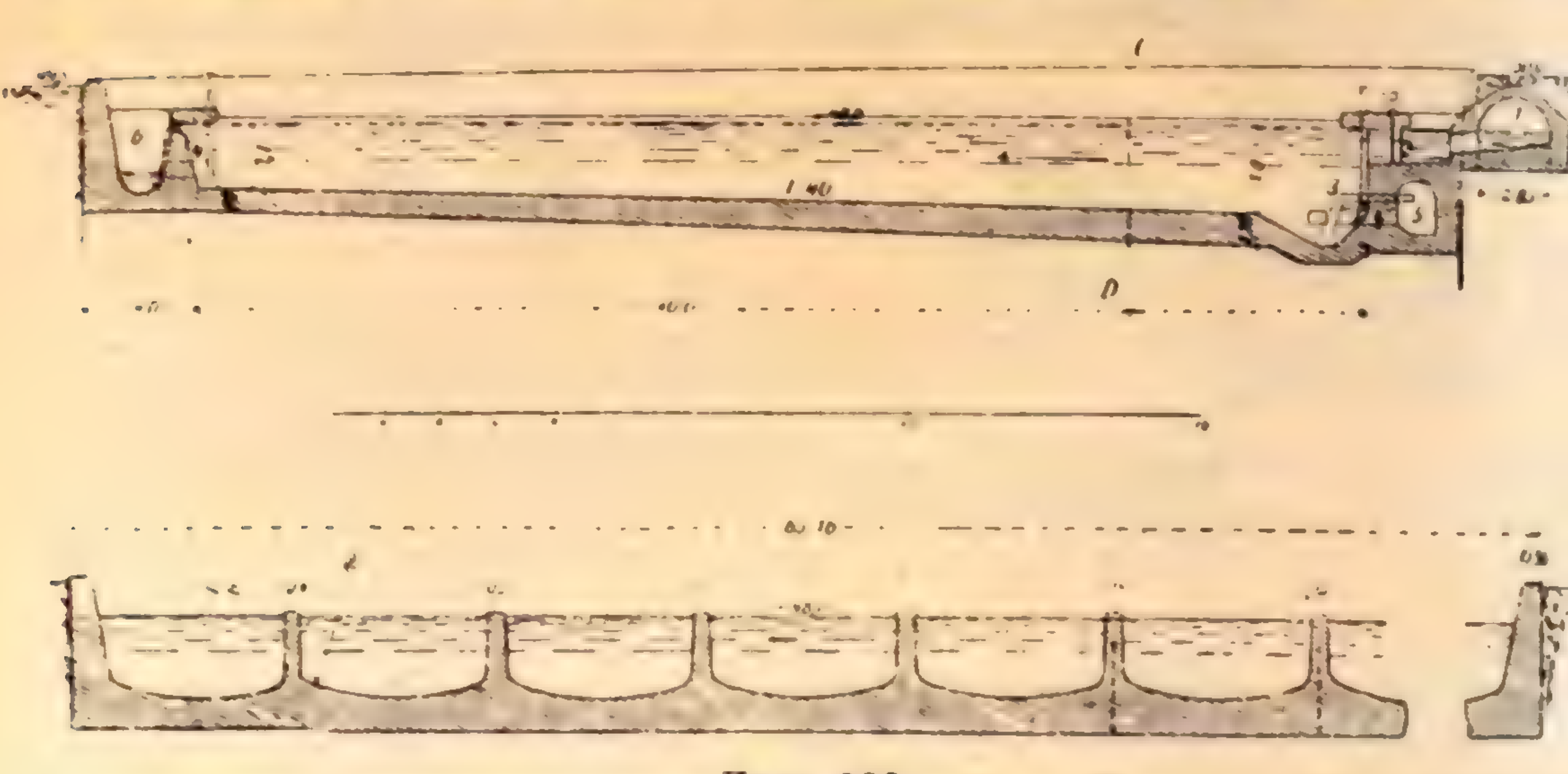
щетками *c*, вращающимися около своей оси, сбрасываются в желоб, из которого поднимаются норией *e*. Для удаления осадков, которые могут сползать в плоской части сита в желоб, устроена вторая нория *a*. Движение сита со средней скоростью 0,07 *м*/сек. совершается медленно по роликам *b*. Угол наклона сит Ринша к горизонту делается от 15° до 22,5°; диаметр плоской части от 2 до 8 *м*, диаметр нижней площади конуса от 0,6 до 5 *м*. Наименьшие размеры сит Ринша делают их пригодными и для крупных поселков. Эффект очистки ситами Ринша при уменьшении размеров отверстий до 1,5 *мм* достигает величины в 35—40%.



Черт. 229.

Для вращения подвижных решеток требуется затратить известное количество электрической энергии, что для поселковых канализаций требует применения мотора небольшой мощности в 0,8 — *IHP*. Осадки, задержанные на ситах Ринша, состоят из органических веществ и содержа- 80% воды, что делает их удобными для использования в качестве удобрения для полей.

§ 76. Осадочные бассейны. Осадочные бассейны представляют собой резервуары, попадая в которые, сточные воды значительно уменьшают свою скорость, благодаря чему происходит в них усиленное выпадение взвешенных веществ, достигающее на практике 60—65% их общего количества. Современная конструкция осадочных бассейнов была разработана, благодаря опытам Штейернагеля в Кельне и Бока и Шварца в Ганновере, произведенным в начале XX столетия. На основании этих опытов конструкция осадочных бассейнов Кельнского типа получила следующий вид (черт. 229); дно бассейнов сделано с уклоном 1 : 50, обратном движении воды; при входе устроена грязеловка, глубиной 1,75 *м*, так как опытами было установлено, что осаждение взвешенных веществ наиболее интенсивно протекает в течение пяти минут. Длина бассейна, сделанного из кирпича, 45 *м*, ширина — 8 *м*, глубина бассейна в начале 2,40 *м*, в конце 1,60 *м*. Сточные воды, пройдя



Черт. 230.

песколовку, поступают через 2 канала в осадочный бассейн и, протекая через него со скоростью 20 *мм/сек.* переливаются через поворотный затвор в отводную галлерею. Осадочные бассейны устраиваются открытыми и закрытыми (Прага); материалом для них служит кирпич, бетон и железо-бетон. Для очистки бассейнов от осадков приходится всегда выключать из работы одно из отделений бассейнов такого типа, для чего общее число отделений должно быть $n + 1$, где n общее число отделений. Чтобы сделать работу бассейна непрерывной, т.-е. не требующей выключения их отделений из работы, в г. Бармене-Эльдерфельде дно осадочных бассейнов было сделано в виде воронки (черт. 230).

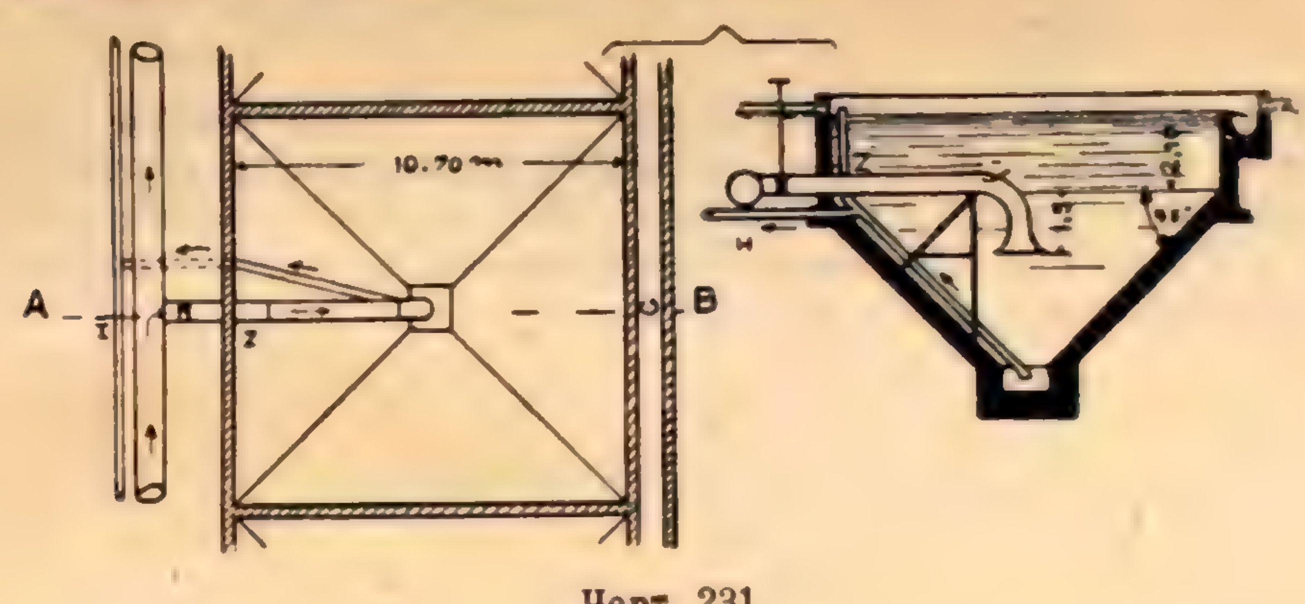
Бассейны имеют следующие размеры: длину — 41 *м*, ширину 6,5 *м* и глубину — 3 *м*. Осадки через отверстия, сделанные в дне воронок, выжимаются водой через трубы в бассейн для сбора грязи, откуда перекачиваются на иловые площадки. Для впуска воды в осадочные бассейны целесообразно в целях равномерного протекания сточных вод устроить поперечную галлерею по всей его ширине, а выпуск отстоявшейся воды производить через желоб с тем, чтобы отводить наиболее отстоявшуюся

воду; в английских конструкциях прибегают для этой цели к плавучим рукавам.

Гидравлические размеры осадочных бассейнов определяются так же, как для питьевой воды. Величина скорости принимается от 4 до 20 *мм/сек.*, время осаждения $t = 4—6$ часам. Глубина воды в бассейнах по Кельнским опытам 1—2 *м.*

Количество осадков в осадочных бассейнах для неполной раздельной системы колеблется от 0,2 до 0,7 *куб. м.* на 1000 жителей в сутки.

§ 77. Осадочные колодцы и осветительные башни. Вместо постройки осадочных бассейнов в Дортмунде (1887 г.), стали применять осадочные колодцы, считая, что в этом случае по мере роста расхода сточных вод легко увеличивать производительность очистной станции путем постройки добавочных колодцев.



Черт. 231.

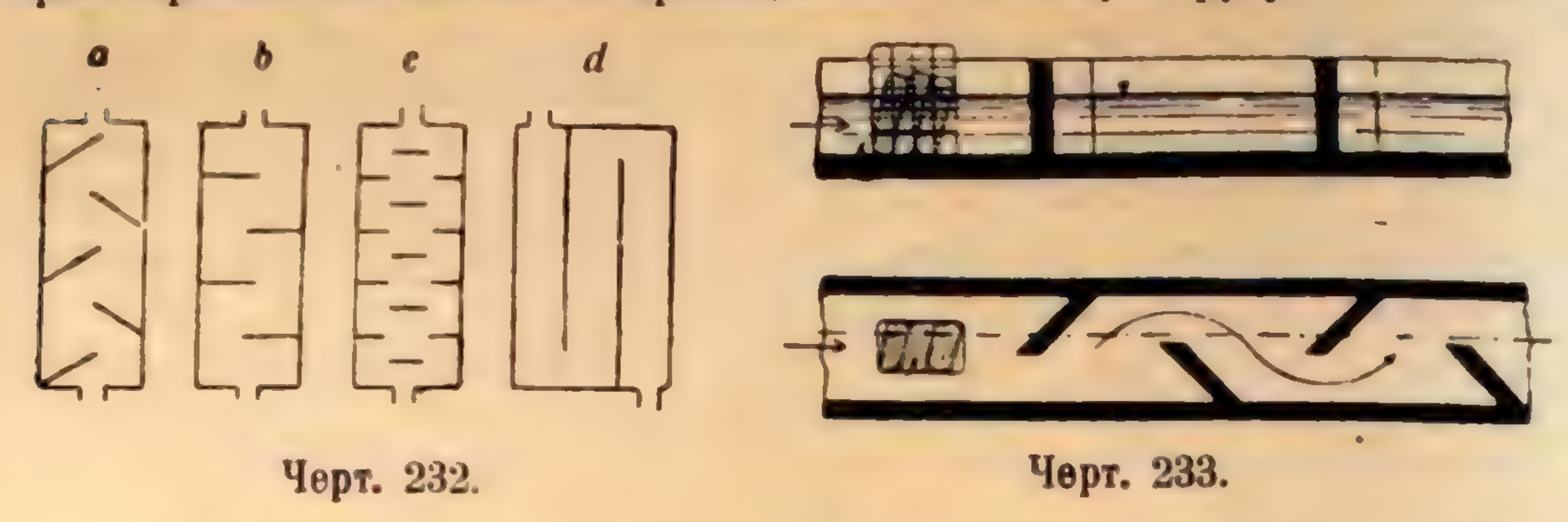
Сущность их действия заключается в том, что сточная вода, притекая в колодцы, движется вверх, а содержащиеся в них примеси падают на дно колодцев под действием силы тяжести, в результате этого процесса количество осадков в колодцах эквивалентно их количеству в осадочных бассейнах. Скорость движения сточных вод в колодцах можно принимать в 1 *мм/сек.*, а время пребывания сточной воды в колодцах определяется расчетом в зависимости от глубины колодцев H, которая в данном случае играет роль длины в осадочных бассейнах. Величина H в современных конструкциях берется в 4—5 *м.* В старой дортмундской конструкции H было 13 *м.* Из многочисленных типов осадочных колодцев для поселковых канализаций заслуживает внимания осадочный колодезь, известный под именем Бирмингамского сепаратора (черт. 231).

Сечение колодца — прямоугольное, а низ его сделан в виде пирамиды со стенками под углом 45°. Сточные воды притекают по трубе с вертикальным отростком, прикрепленном на консоли. Удаление осадков производится давлением воды по наклонной трубе, уложенной в конической части колодца.

В случае высокого стояния грунтовых вод можно вместо осадочных колодцев, требующих в этом случае дорогих опускных работ, устраивать и осветительные башни, представляющие собой железные котлы, установленные на поверхности земли.

Для их действия приходится из них высасывать воздух, что требует добавочного расхода.

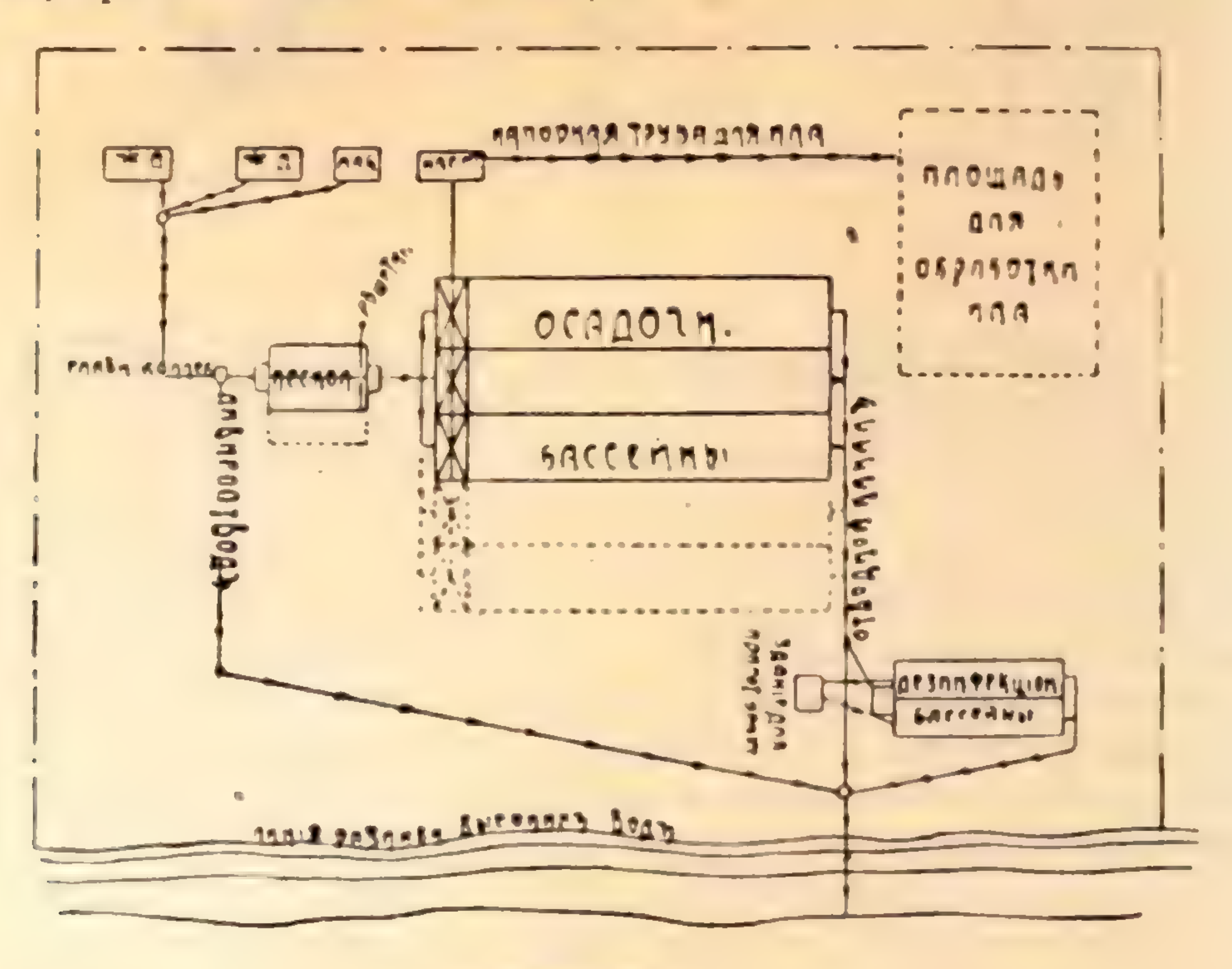
При движении сточных вод через башни взвешенные частицы выпадают из сточных вод в устроенный под ним колодец и после осветления чрез верхнюю часть башни перемещаются в отводную трубу.



Черт. 232.

Черт. 233.

В результате в осветительных котлах, устанавливаемых обыкновенно на фабриках и заводах, получается более высокий осветительный эффект, чем в колодцах и бассейнах. При скорости движения сточных вод в башне $v = 0{,}5$ *мм/сек.* задерживается 83 — 86°/о взвешенных веществ, при $v = 1$ *мм* — 81—83°/о.



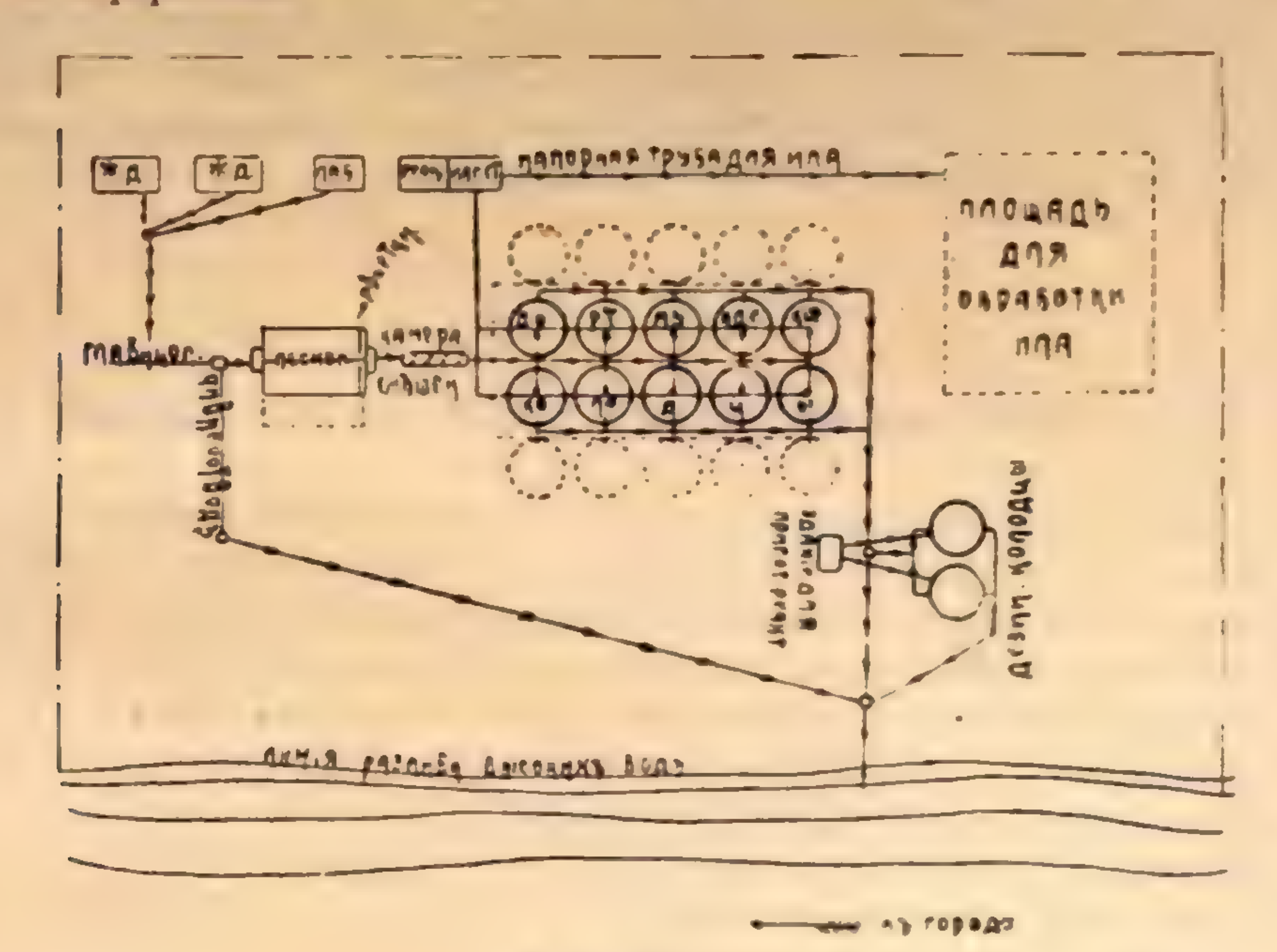
Черт. 234.

§ 78. Механо-химические и физические способы очистки сточных вод. Механо-химические способы основаны на использовании тех же осадочных бассейнов, колодцев и осветительных башен, но с введением для интенсификации процессов осаждения химических реактивов (известкового молока, сульфата глинозема, железных квасцов и пр.). Поэтому, пред очистными станциями после введения реактивов

устраивались камеры смешения, где, благодаря поставленным перегородкам, сточные воды проходили длинный путь (черт. 232).

Растворение реактивов на маленьких очистных станциях производилось в самих каналах, куда они укладывались в форме кусков. Простейший тип такого устройства показан на черт. 233.

Введение реактивов в сточные воды, повышая количество осажденных веществ до 80—85%, в результате делает осадки **непригодными для с.-хоз. целей**, чем, естественно, затрудняет работу очистных станций, увеличивая ее общие расходы расходами по вывозу осадков или их переработке.



Черт. 235.

Этот дефект делает **непригодными механо-химические способы для канализации поселков**, вследствие чего мы и не будем на них более останавливаться. Такое же значение имеют и **физические способы**, основанные преимущественно на **электролизе**, вследствие чего они называются **электролитическими** (способы Вульфа, Эрмит, Уэбстер и др.). Так, Эрмит в своем способе пропускает морскую воду чрез особый прибор, называемый им **элекролизиром**, и приготовленный, таким образом, раствор добавляет к сточным водам. По существу физические способы являются **тожественными с механо-химическими** с той только разницей, что приготовление реактивов производится электролитическим путем. Поэтому и эти способы в настоящее время оставлены в канализационной практике.

§ 79. Станции для механической очистки сточных вод. Станции для механической очистки сточных вод могут быть устроены по одной из следующих схем. Первая схема (черт. 234) служит для осадочных бассейнов, а вторая (черт. 235) для осадочных колодцев.

На обеих схемах сточные воды поступают сначала в песколовку, пред которой устраивается ливнеотвод, нужный в случае применения общесплавной системы. Пройдя песколовку, сточные воды поступают в осадочные бассейны или колодцы. Во второй схеме разработан вариант с химической очисткой (камеры смешения). Пройдя бассейны или колодцы, осветленные сточные воды спускаются в реки. Во время эпидемий сточные воды подвергаются еще дополнительной дезинфекции хлористой известью в особых осадочных бассейнах, после чего уже спускаются в водный проток.

Канализация жилых домов для служащих и рабочих должна быть устроена так, чтобы их сточные воды поступали бы в канал до притока сточных вод на очистные сооружения. Удаление осадков из бассейнов или колодцев производится по трубам, поставленным в отдельном здании на площадки для подсушивания грязи.

ГЛАВА XXII.

Способы предварительной обработки сточных вод.

§ 80. Загниватели (септики). Помимо вышеописанных механических и механо-химических способов очистки сточных вод, которые помимо своего самостоятельного значения употребляются для предварительной обработки сточных вод, в конце прошлого столетия получили широкое распространение загниватели-септики.

Загниватели представляют собой бассейны известной конструкции, в которых выделившиеся осадки вследствие долгого пребывания их в бассейнах подвергаются процессам гниения и разложения.

Из этого определения явствует, что загниватели по своей конструкции подобны осадочным бассейнам и отличаются от них, главным образом, в об'емном отношении как вследствие меньшей скорости движения сточных вод, так и вследствие необходимости иметь больший об'ем для скопления осадков, которые лежат в загнивателях по несколько месяцев. Процессы гниения и разложения осевших на дне загнивателей взвешенных веществ органического происхождения развиваются, благодаря деятельности живущих в отсутствии воздуха (анаэробных) микроорганизмов и их энзимов, растворенных в их клеточном соку. Анаэробные микроорганизмы для своего питания заимствуют кислород из сложных органических соединений и тем способствуют их распаду на более простые соединения. В результате сложных анаэробных процессов распада органических веществ получаются известные количества водорода, метана, азота, углекислоты, сероводорода и аммиака.

Вследствие развития процессов гниения в лежащих на дне загнивателей осадках, появляющиеся при этом газы естественно стремятся пройти чрез находящийся над осадками слой сточной воды в верхнюю часть загнивателей и увлекают за собой наверх уже осевшие частицы.

В результате этого движения газов на поверхности сточной воды в загнивателе образуется плавающий слой корка. Если до поступления сточной воды в загниватель не имеется приспособлений для выделения плавающих веществ (решеток или сит), то и они входят в состав корки. В этой корке, образующей более или менее плотную массу черно-коричневого цвета, сильно развиваются плесневые и дрожжевые грибки и размножаются дождевые черви, личинки насекомых, мухи и т. п.

Поверхностные слои корки с течением времени приобретают ломкий землистый характер, и на них показываются островки, поросшие травой и другими растениями. Так как процессы гниения органических веществ протекают интенсивнее летом, вследствие более высокой температуры воздуха, чем зимой, то и толщина корки летом меньше, чем в зимнее время. Толщина корки зависит, главным образом, от состава сточных вод и от времени их пребывания в загнивателе, вследствие чего и колеблется в пределах от 0,25 до 0,50 *м*, доходя при благоприятных условиях даже до 1 *м*. Корка образуется как в закрытых загнивателях, так и в открытых, при чем разница в работе обоих типов загнивателей с практической точки зрения невелика. Только ветры оказывают некоторое влияние на толщину корки в открытых загнивателях, сгоняя ее к их стенкам и тем самым способствуя более интенсивному выделению в воздух газов и осаждению частиц на дне загнивателей. Корка, по мере ее роста, несомненно уменьшает полезную емкость загнивателей и может увеличиться до такой степени, что закроет отверстия входной и выходной труб, благодаря чему образуется подпор в приводном канале. Для предотвращения подобного явления выгнившую корку необходимо удалять чрез известные устанавливаемые практикой промежутки времени. В Англии считают, что образование корки требует увеличения об'ема загнивателей, и поэтому ее систематически удаляют по мере ее образования чрез незначительные промежутки времени.

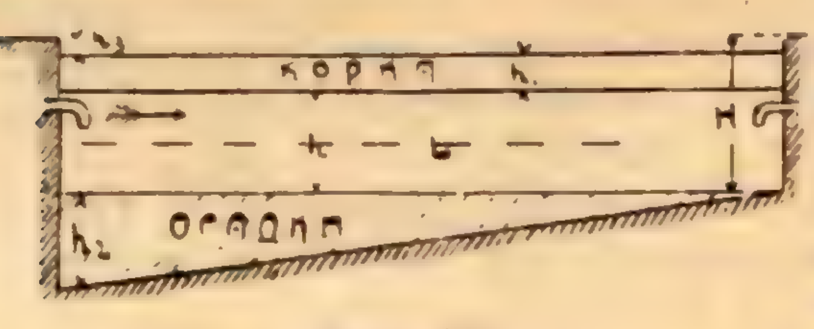
Количество выделяющихся в загнивателях газов весьма различно и зависит как от состава сточных вод, так, в особенности, от температуры.

Это количество газов по данным, полученным учеными, колеблется от 4 до 10%, что об'ясняется, разумеется, различным составом сточных вод, подвергающихся обработке. Из смеси выделяющихся газов самым важным нужно признать болотный газ (метан) большее или меньшее содержание которого обусловливает горючесть смеси. Вследствие этого пытались утилизировать эту смесь выделяющихся газов для освещения и для утилизации в двигателях, но в обстановке поселковой жизни это не представляется особенно выгодным с экономической точки зрения, хотя сжигание газов в фонарях, давая им выход из септиков и тем предохраняя последние от взрыва, может иметь значение с санитарной точки зрения.

Вследствие долгого пребывания в загнивателях, осадки уплотняются под давлением слоя протекающей воды, в результате чего в них уменьшается содержание воды до 80%. Общее количество осадков в загнивателях уменьшается как вследствие затраты их

на газообразование, так и от развития процессов разложения и растворения органических веществ. По различным наблюдениям это уменьшение осадков в загнивателях колеблется от 25 до 50%.

Помимо этих данных об эффекте осаждения в загнивателях было установлено, что осветленные в них воды хуже очищаются на биологических фильтрах, чем воды, вытекающие после пребывания их в осадочных бассейнах или колодцах. Поэтому на многих станциях, желая уничтожить еще и запах от вытекающих из них сточных вод, перешли к замене септиков сооружениями для механической очистки. Кроме того, оказалось, что в загнивателях не только происходит задерживание коллоидальных веществ, но даже их количество возрастает, что имеет важное значение для последующей работы очистных сооружений. Общее количество осадков задержанных на загнивателях колеблется от 1,5 до 2,5 *куб. м* на 1000 *куб. м* сточных вод.



Черт. 236.

Для определения основных гидравлических размеров загнивателей служат известные нам формулы (черт. 236):

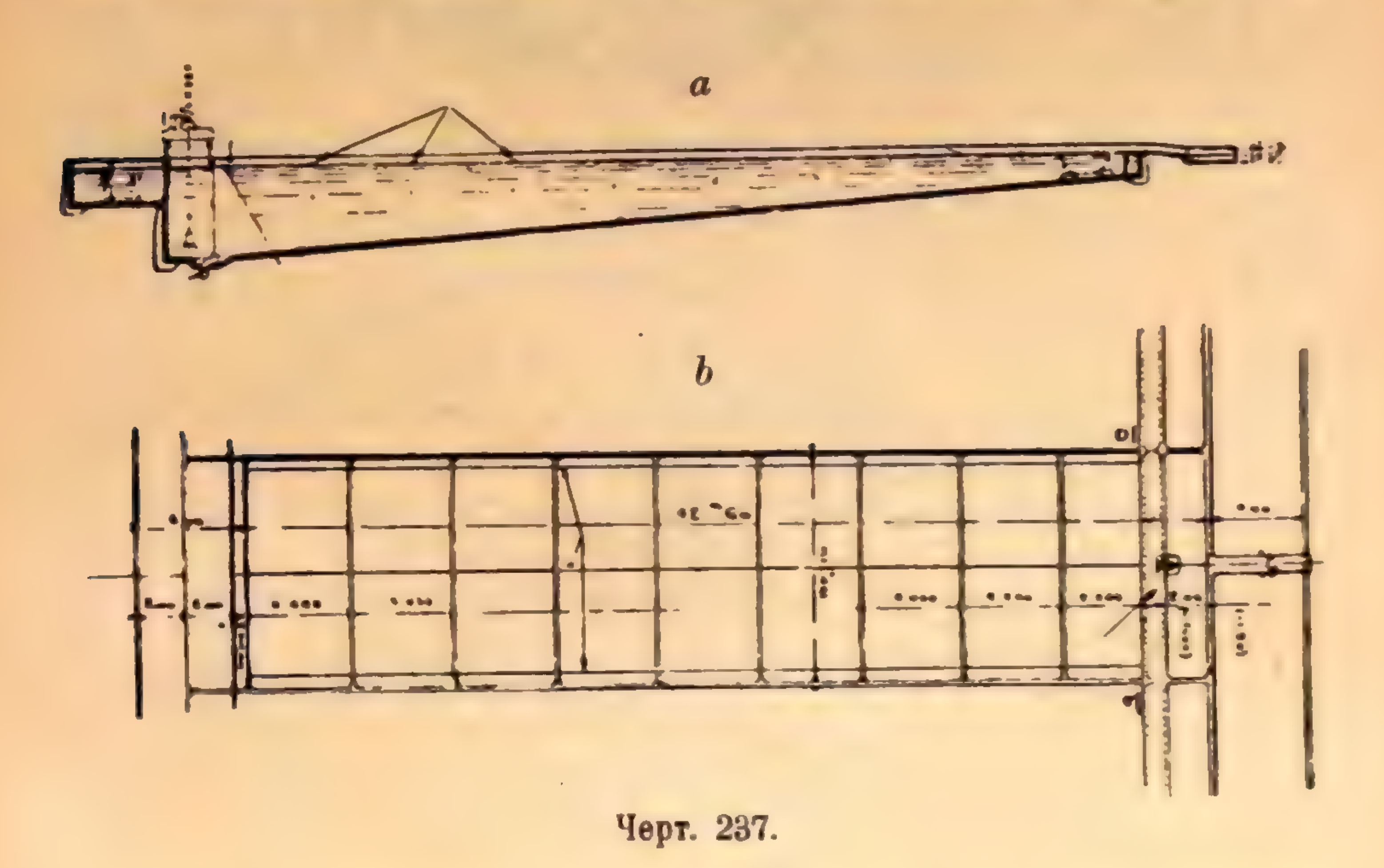
$$Q = v\omega;\ L = 60\ vt \text{ и } \omega = bh$$

Для времени пребывания сточных вод в загнивателях установлено многочисленными исследователями, что оно равняется 12—24 часам, при чем для поселковых канализаций является наиболее подходящим первый предел — 12 часов.

Для скорости движения вод в загнивателях v нужно брать величину 0,25 *мм* — 1 *мм/сек.*, при этом значении v — длина загнивателей L равняется около 40 *м.* Для ω нужно брать не всю величину поперечного сечения, а лишь свободную от корки и осадков. Для толщины корки h_1 следует брать от 0,25 до 0,5 *м*, не допуская большей толщины; для h — от 1 до 2 *м*; что же касается величины h_2 (наибольшая толщина осадков), то величина ее будет зависеть от среднего отлагающего за сутки слоя осадков, так и от времени между двумя чистками окислителя.

Большинство наблюдений показывает, что достаточно производить очистку септиков через 3—6 месяцев, но при этом в целях непрерывности протекания процессов гниения представляется целесообразным оставлять часть осадков в загнивателях. Задаваясь нормой осадков сообразно суточному количеству сточных вод поселка и временем их пребывания в загнивателях, мы можем получить легко величину, распределяя осадки по длине загнивателя. На основании вышеизложенного мы получаем, что высота загнивателя у его входа $H_1 = h + h_1 + h_2 + h_3$, а у выхода $H_2 = h + h_1 + h_3$. На практике H_1 делается равным 3—2,5 *м*, а H_2—2,5 — 2 *м*, что при длине загнивателя 50 *м* обусловливает уклоны в 1 : 100. Ширина загнивателя, составляющая от $^1/_2$ до $^1/_6$ длины, определится из выражения $b = \frac{\omega}{h}$. В случае устройства закрытого септика

надо увеличить его высоту на 0,5 — 0,8 *м* для скопления выделяющихся газов, чтобы предохранить его от взрыва или от поглощения газов сточными водами. Наиболее рационально устроить здесь вентиляцию для отвода этих газов. Для величины Q при раздельной системе канализации достаточно брать средний суточный расход, заранее считаясь с тем, что в некоторые дни в году жидкость будет пребывать меньшее время в загнивателях. Загниватели представляют собой параллелепипедальные резервуары, которые делаются из кирпича, бетона и железо-бетона. Наилушим материалом для их постройки является кирпич, т. к. он не подвергается раз'едающему действию газов, выделяющихся в загнивателях при развитии процессов гниения. Наоборот, бетон и железо-бетон являются недостаточно устойчивыми в этом отношении из-за развития в за-

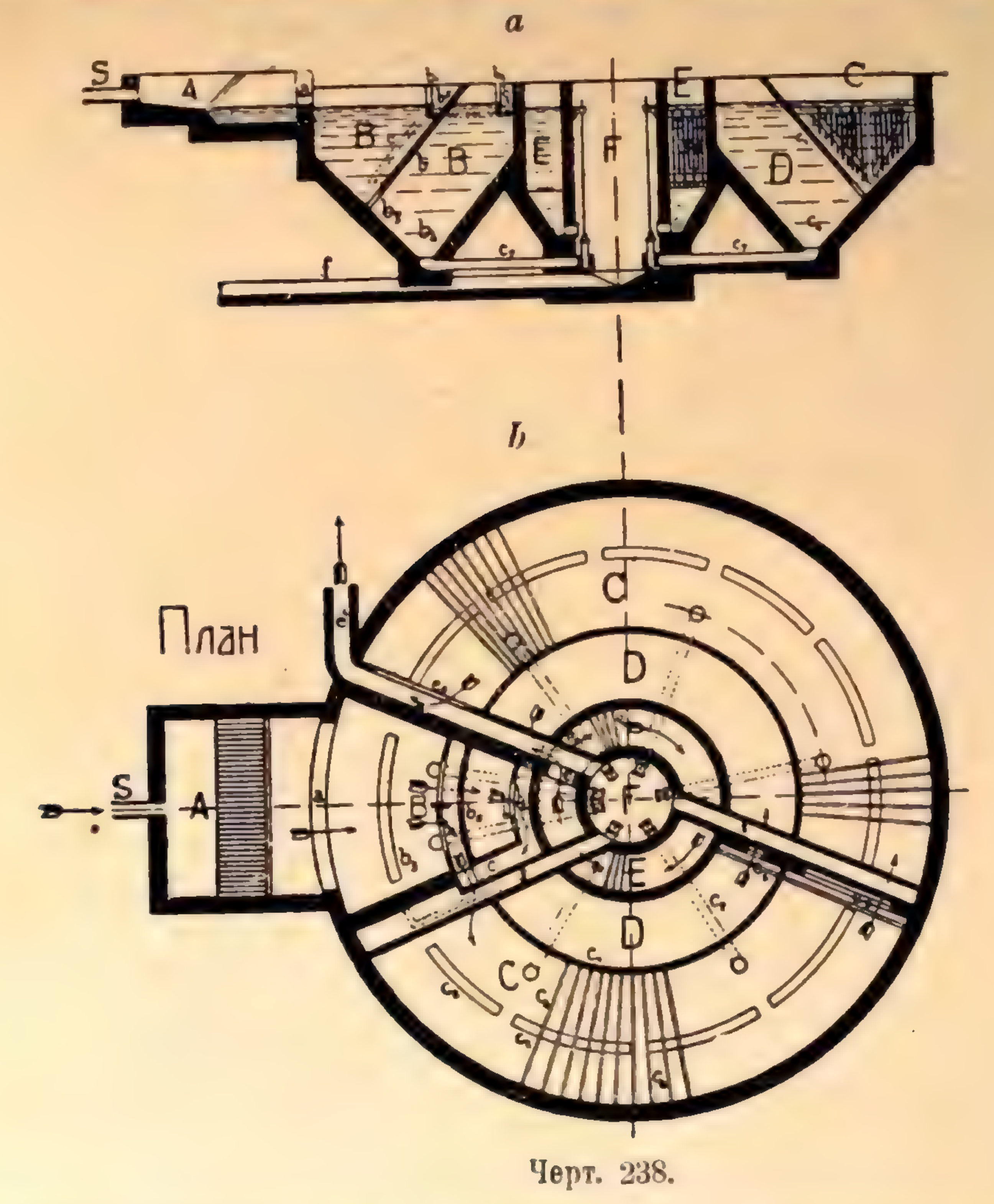


Черт. 237.

гнивателях сероводорода и других пахучих газов; поэтому при применении этих материалов необходимо внутреннюю поверхность загнивателей обкладывать кирпичом. Загниватели устраиваются или в виде открытых бассейнов или перекрываются с сводчатым или плоским перекрытием; возможно устройство перекрытия из торфяных досок, которые, поглощая выделяющиеся из загнивателей газы, легко после исчерпания их поглощающей способности сжигаются. Закрытые загниватели применяются главным образом для отдельных учреждений (больниц, санаторий), где важно устранить появление неприятных запахов.

Входные и выходные отверстия загнивателей помещаются на 0,50 *м*. ниже поверхности жидкости для того, чтобы помешать образующейся в них корке закупоривать входное отверстие и увеличивать количество нерастворенных веществ в истекающей через выходное отверстие жидкости. Кроме того, для защиты входных и выходных труб поперек загнивателей устанавливаются небольшие поперечные перегородки соответственной высоты.

Дно загнивателей делается с обратным уклоном 1 : 50 — 1 : 100. Удовлетворяющий этим общим условиям и подходящий для поселковых канализаций тип железо-бетонного загнивателя показан на чертеже 237. Этот бассейн следует обложить кирпичом для защиты его от воздействия сероводорода. Он представляет собой бассейн длиной в 42,00 *м* и шириной 10 *м*. Дно его имеет очень крутой уклон (0,0739 *м* на 1 пог. *м*);



Черт. 238.

грязеловка, протяжением в 2 *м*, здесь сделана горизонтальной, куда легко стекают осадки.

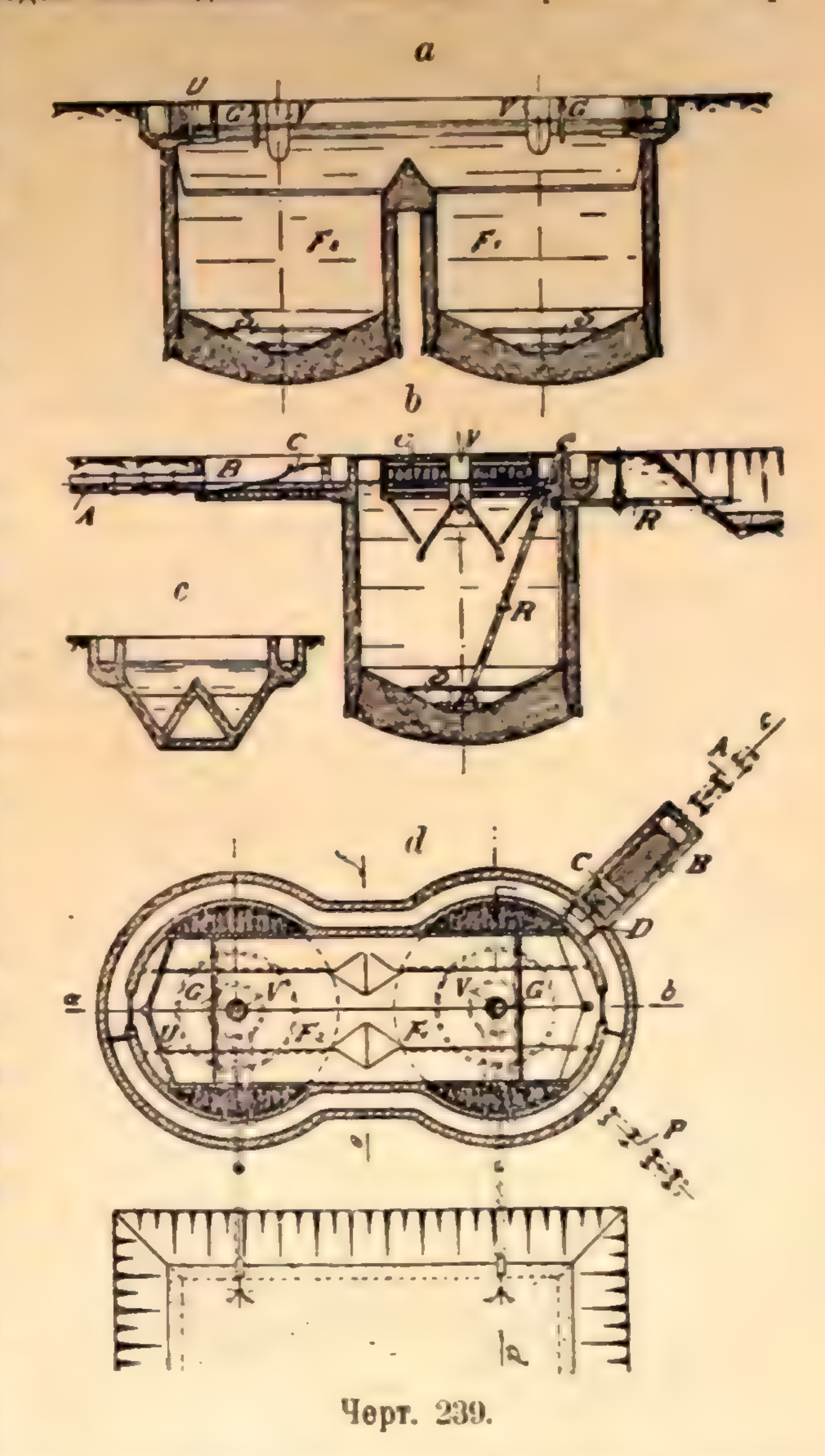
Осадки из загнивателя удаляются по трубе запертой задвижкой. Кроме того, в этом типе удаление осадков может быть произведено еще посредством подвижного крана, катящегося по рельсам. Этот кран может посредством щитка сдвигать все осадки в грязеловку.

§ 81. Гидролитический тэнк д-ра Трэвиса. Д-р Трэвис, изучив недостатки в работе загнивателей, после долголетних исследований сконструировал особое сооружение для предварительной обработки сточных вод, названных им г и д р о л и т и ч е с к и м т э н к о м. В основе своего изобретения им были положены след. принципы.

1. Для предотвращения загнивания сточных вод, протекающих через гидролитический тэнк, необходимо отделение от них осадков как во взвешенном, так и в коллоидальном состоянии.

2. Для задерживания возможно большего количества коллоидальных веществ необходимо увеличить поверхность для их протяжения, так как это требуется самой природой коллоидального состояния примесей, содержащихся в сточных водах.

После долголетних опытов над своим изобретением в гор. Гемптоне на Темзе (Hampton on Themse) и устройством нескольких станций в ряде английских городов, Трэвис в городе Лэтоне (Luton) построил круглый гидролитический тэнк оригинальной конструкции (черт. 238). Этот тэнк состоит из трех концентрических круглых камер, разделенных радиальными перегородками на отдельные секторы. Сточные воды, пройдя ловушку A попадают в песколовку B, разделенную косой перегородкой на 2 части, сообщающиеся между собой отверстиями. В эту нижнюю часть падают из песколовки все тяжелые вещества; соотношение об'емов между верхней и нижней частью подобраны по расчету 2 : 1. Из песколовки сточные воды поступают в гидролитический тэнк C, где для интенсивного выделения коллоидальных веществ подвешаны наклонно деревянные прутья-коллоидоры, к которым прилипают коллоидальные вещества, содержащиеся в сточных водах.



Черт. 239.

Эти вещества, превращаясь из слизистого состояния в зернистое, падают вниз в редукционную камеру D. Таким образом, здесь происходит отделение примесей от протекающей через камеру C воды, благодаря чему осветленные воды дальше поступают на биологические сооружения. Об'емы

проточной и восстановительной камер подобраны в отношении 4 : 1. Сточные воды из восстановительной камеры изливаются в гидролизационную камеру *F*, также снабженную коллоидорами, где происходит дополнительное осветление сточных вод; из этой камеры осветленные сточные воды также поступают на биологические сооружения. В результате гидролитические тэнки Трэвиса задерживают до 95% взвешенных и до 40% коллоидальных веществ; скорость движения воды в песколовке очень незначительна от 1,75 до 3 *мм/сек.* что ведет к выпадению в ней части взвешенных веществ; время пребывания воды t от 45 мин. до 1,1 часа v в осадочной камере $= 3—4,5$ *мм*, $t =$ от 3,3 до 4 час.; а в восстановительной $v = 1—1,5$ *мм*, $t =$ от 8 до 12 час. В Гидролизационной камере $v = 2—3$ *мм*, t от $1^2/_3$ до $2^1/_2$ час. Все осадки в гидролитическом тэнке Трэвиса по трубам *C* поступают в центральный колодезь *F*, откуда их удаление не представляет затруднений. В центральный же колодезь *F'* производится удаление пены и жира по радиальным каналам *S*. Осадки из тэнков содержат до 90% воды. Гидролитические тэнки Трэвиса применены у нас в Симферополе и Харькове в несколько видоизмененном виде. Из сделанного нами описания можно видеть, что тэнки Трэвиса являются устройствами, где строго проведено отделение свежей жидкости от загнившей. Эти особенности конструкции Трэвиса оказали огромное влияние на различные типы сооружений, преследующих ту же цель.

§ 82. Эмшерские колодцы. Имгоффа. Эмшерские колодцы современного типа состоят из двух рядом стоящих колодцев F_1 и F_2, диаметром 5—6 метров; средней глубиной в 10 *м* (черт. 239); в верхней части колодцев устроен двойной треугольный жолоб, в нижней части которого оставлены отверстия, устанавливающие сообщение жолобов с колодцами F_1 и F_2. Движение сточных вод в Эмшерских колодцах происходит следующим образом. Сточные воды поступают по каналу *A* в камеру с решеткой *B*, откуда уже чрез желоб *D* изливаются в колодцы F_1 и F_2; здесь сточные воды протекают по треугольному жолобу и осаждают в нем примеси, которые чрез донные отверстия сваливаются в колодцы; осветленные сточные воды стекают чрез водослив и по обводному каналу поступают в отводный канал. Таким образом, жолоб играет роль осадочного бассейна, а колодцы роль загнивателя, для удаления газов из которого установлены вентиляционные трубы огражденные от засасывания примесей перегородками. Для удаления осадков с решеток *B* устроен жолоб *C*, а осадки из загнивателя удаляются по наклонной грязевой трубе *R* давлением столба воды по открытии задвижки на сооружения для их обработки; для промывки трубы *R* уложены трубы *S*. По данным Imhoff'a и Spillner'a в Эмшерских колодцах происходит полное отделение свежих вод от загнивших, при чем осадки получаются с содержанием воды до 75%—80%, очень легко подсушиваются на воздухе и почти не имеют запаха. Таким образом, будто бы и в этой конструкции достигается лучшая подготовка сточных вод к последующему очищению биологическими способами. На самом деле сохранение сточных вод в свежем состоянии после прохода через Эмшерские колодцы Имгоффа не достигается, что станет ясным

из следующих соображений. Каждая порция осадков, которая сливается из осадочного жолооа в загниватель, несомненно вытесняет известное количество загнившей воды в осадочный жолоб; независимо от этого явления, несмотря на устройство труб *V* (черт. 240) развивающиеся в загнивателях газы могут легко диффузировать в осадочный бассейн. Эти оба явления, происходящие непрерывно в Эмшерских колодцах, в которых осадки скопляются в течение от 3 до 6 месяцев, определенно указывают, что здесь не может быть и речи о сохранении осветляемой жидкости в свежем состоянии. В этом отношении Эмшерские колодцы уступают гидролитическому тэнку, где грязь при поступлении в редукционную камеру не может вытеснять равного об'ема жидкости, так как в этой камере происходит непрерывное движение жидкости; выделение газов в гидролитических тэнках не может быть интенсивным, так как осадки из любой воронки (черт. 239) удаляются в течение 1—3 дней подобно осадочным бассейнам.



Черт. 240.

Теперь перейдем ко второму вопросу— образованию в Эмшерских колодцах осадков с малым содержанием воды в 75%, легко подсыхающих на грязевых площадках; количество этих осадков, по данным Imhoff, Spillner и др., достигает 70% нерастворенных веществ. Этот высокий коэффициент работы Эмшерских колодцев, эквивалентный работе загнивателей, сразу станет иллюзорным, если мы только вспомним, что в большинстве установок с Эмшерскими колодцами отсутствуют песколовки. Исключение же из схемы очистной станции песколовки влечет за собой выпадение минеральных веществ в Эмшерских колодцах и значительное ухудшение состава осадков вследствие примеси песку и др. тяжелых веществ, поэтому, если мы вычтем из вышеуказанных цифр количество осадков, задерживаемых песколовками, то и получим коэффициент задержания осадков в 60%, что приближает работу Эмшерских колодцев к осадочным бассейнам кельнского типа. По данным, опубликованным в специальной литературе, в действительности этот коэффициент значительно меньше. Так, напр., Heyd дает для одной из первых очистных станций с Эмшерскими колодцами в г. Beclinghausen коэффициент задержания взвешенных веществ в 0,44. Clark и Cage, исследовавшие работу Эмшерских колодцев на опытной станции в г. Lawrence (Сев. Америка)— дают коэффициент в 0,38—0,42. Эти цифры ставят Эмшерские колодцы ниже обыкновенных бассейнов.

Переходя к вопросу об осадках в Эмшерских колодцах, необходимо иметь в виду, что они уплотняются сильнее,

чем в загнивателях, так как находятся под давлением столба воды в 10 *м.*, это высокое давление должно мешать до известной степени выходу газов из загнивателя, чем способствует задержанию их в осадках.

Также эта причина, в связи с содержанием минеральных веществ в осадках и ведет к понижению содержания в них воды до 75—80%. Повышенное же содержание газов способствует более скорой подсушке, так как газы легко выделяются на воздухе. Передвижение осадков по грязевым трубам должно совершаться с затруднениями, вследствие содержания в них песку и др. тяжелых веществ, что и вызвало добавление к первоначальным типам Эмшерских колодцев промывных труб *S* (черт. 239).

Отсутствие резкого запаха у осадков в Эмшерских колодцах легко об'ясняется применением их в Эмшерском районе, где примешивается к сточным водам в большом количестве уголь, производящий дезодорирующее действие. Наоборот, по данным опытной станции в Лауренс (Сев. Америка), осадки из Эмшерских колодцев издают весьма неприятный запах, напоминающий собой смесь из индола, скатола и др. пахучих веществ.

Время пребывания сточных вод в Эмшерских колодцах исчисляется в немецких установках от 1 до 2 часов, каковая норма в некоторых северо-американских очистных станциях повышается до 2½ (г. Lebanon), 3 часов (г. Albany). Скорость движения берется в 5—10 *мм.* Количество осадков исчисляется в среднем в 0,2 лит. на одного жителя. Что же касается емкости загнивателя, то она может быть определена по следующему приближенному способу. Для этой цели мы должны прежде всего установить то предельное количество дней—*n*, в течение которых грязь может лежать в загнивателе. По данным практики для *n* берут от 30 до 180 дней; превышение этих норм ведет к чрезмерному увеличению емкости загнивателя, что в свою очередь влечет за собой излишнее углубление Эмшерских колодцев.

Эмшерские колодцы были намечены у нас к постройке в Пятигорске, Туле и др.; за границей много установок этого типа имеется в Германии (Рурская область), С. Ш. С. А. и проч.

§ 83. Септики-сепараторы Заславского. Септики-сепараторы сист. Заславского, примененные у нас в Москве и Александровске, также сконструированы для выделения коллоидальных веществ путем устройства рядов призм. Устройство их заключается в следующем (черт. 240). Сточные воды, притекают в сепаратор по трубе 1, при чем сначала попадают в жолоб 2, откуда уже изливаются через порог *А* в бассейн. Затем сточные воды, протекая по бассейну, проходят чрез три группы призм *Б*, *С* и *Д* и после осветления изливаются чрез водослив *К*. Вследствие наибольшей интенсивности осаждения в начальных частях бассейнов сделано для приема осадков углубление *Л*; для предотвращения перемещения осадков по дну бассейнов углубление *А* имеет порог *Е*, за которым таким образом образуется второе углубление для более легкого удаления скопляющихся в этой части осадков. Удаление осадков производится по

заложенным в дне углублений грязевым трубам, запираемым коническим клапаном с резиновым уплотнением, который соединен с воздушной трубкой *Ф*; благодаря установлению сообщения грязевых труб с атмосферой облегчается удаление осадков. Все газы, развивающиеся в первой части бассейна, и жиры, благодаря установке треугольных призм *В*, отводятся в верхние слои сточных вод части бассейна *ALE*. Это достигается, по мнению изобретателей, вследствие того, что поднятая со дна бассейна, благодаря действию газов, и увлеченная движением сточных вод частица ударяется о призму, вследствие чего теряется живая сила движения частицы, и она падает на дно бассейна, при чем газы, освобожденные от частицы, устремляются вверх.

Газы из верхней части бассейна двигаются в камеру *Ж* или для выделения в верхние слои непосредственно, или же пропускаются предварительно чрез дезодорирующие вещества (уголь, торф). Вторая часть бассейна предназначается уже для задержания коллоидальных веществ, посредством двух групп призм *С* и *Д*, после чего уже сточные воды, переливаясь чрез порог *К*, вновь проходят чрез ряд поставленных для аэрации осветленных вод вертикальных призм в колодец, откуда уже воды поступают на сооружения для их окончательной очистки.

Септики-сепараторы являются, по нашему мнению, вполне пригодными для поселковых канализаций.

ГЛАВА XXIII.

Биологическая очистка сточных вод.

§ 84. Классификация методов биологической очистки сточных вод. Все описанные нами способы очистки сточных вод имеют своим назначением осветлять воду, или, говоря иначе, подготовлять ее для окончательной обработки (переводу органических соединений в минеральные) с целью получения продукта, неспособного к загниванию. Эта последняя задача разрешается в санитарной технике применением естественных и искусственных биологических способов. К первой группе принадлежат поля орошения и фильтрационные поля, а ко второй — биологические фильтры, аэротэнки и аэрофильтры, действие которых основано на очистке сточных вод активным илом (activated sludge), формируемым путем вдувания воздуха.

Исторически эти методы развивались таким образом: в половине прошлого столетия появились поля орошения (1868 г. Париж, 1877 г. Берлин), а затем фильтрационные поля (1877 г. штат Массачузетс, С. Ш. С. А.); в конце XIX века (1895) появились первые биологические фильтры в Англии (Сэттон, Екзетэр).

В течение же последних 15 лет в С. Ш. С. А. и Англии начали под давлением нужды в земельной площади строить аэро-тэнки. Этот способ, проверенный на опытной установке в Москве, привел к разработке новой конструкции аэрофильтров изобретенных русским ученым С. Н. Строгановым. Этому новому способу, пока примененному на опытных уста-

новках (Москва, Харьков) предстоит огромная будущность, так как в нем регулирование сложных процессов очистки сточных вод вместо сил природы зависит исключительно от знаний специалиста.

§ 85. Основные теории биологической очистки сточных вод. Основные теории биологической очистки сточных вод могут быть сведены к двум основным теориям: проф. Дунбара и д-ра Трэвиса.

Теория Дунбара устанавливает, что на биологических сооружениях (полях орошения, фильтрационных полях и биологических фильтрах) происходят следующие процессы:

1) механическое задержание взвешенных частиц и образование слизистой пленки в первых слоях естественных почв или в загрузке биологических фильтров;

2) адсорбция растворенных веществ посредством пленки;

3) соединение химическим путем растворенных веществ с элементами, содержащимися в почве или загрузочном материале биологических фильтров;

4) минерализация механически задержанных и адсорбированных веществ микроорганизмами;

5) вымывание минерализованных веществ сточной водой.

Трэвис же указывает, что на биологических сооружениях совершается интенсивное выделение коллоидальных веществ, и отрицает совершенно роль микроорганизмов в процессах очистки, находя, что для этой работы требуется много времени; минерализация же происходит, по его мнению, за счет адсорбируемого кислорода притекающего к биологическим сооружениям воздуха.

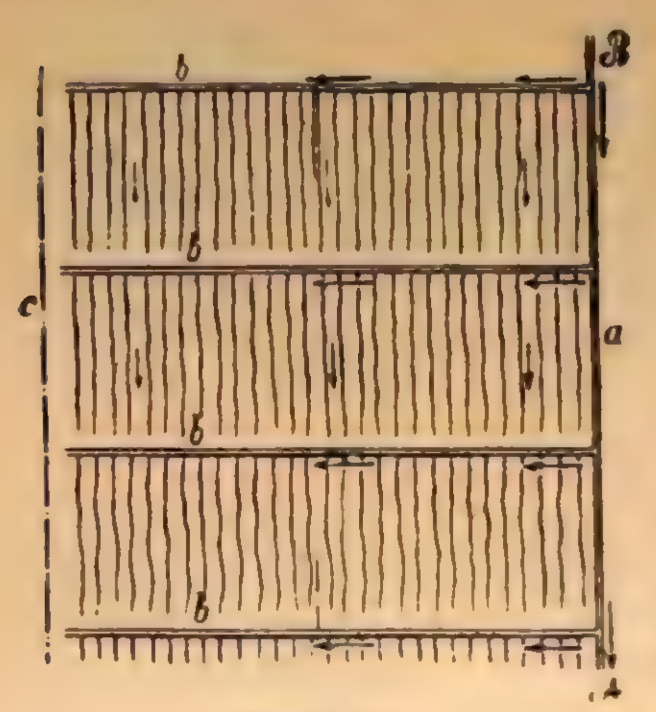
С практической точки зрения обе теории равноценны, но большинство специалистов опирается на теорию Дунбара.

Действие новых биологических сооружений (аэротэнков и аэрофильтров) также укладывается в рамки теории Дунбара, но здесь отводится главная роль нагнетаемому в них воздуху, вызывающему образование активного ила.

§ 86. Поля орошения. При устройстве полей орошения или фильтрационных полей прежде всего нужно установить, имеется ли ниже поселка участок земли с подходящей почвой, с тем, чтобы направлять на него воды самотеком. Под'ем воды, к сожалению, в большинстве случаев неизбежный, ведет только к повышению строительных и эксплоатационных расходов. Наиболее подходящими почвами для орошения являются супески (пески с примесью глины до 15%), где незначительные примеси глины способствуют удлинению периода фильтрации; также можно использовать для орошения и гравелистые почвы, встречающиеся в аллювиальных отложениях рек.

Из других почв непригодными являются: лишенные слоя гумуса песчаные мелкозернистые почвы, быстро заиливающиеся осадками, лессовые почвы, вследствие мелкозернистого сложения, глинистые, торфяные, мергелистые, известковые и т. п.

Впрочем, торфяные почвы могут быть утилизированы для полей орошения при насыпке на них слоя песку, толщиной в 0,40 *м* (Москва).



Черт. 241.



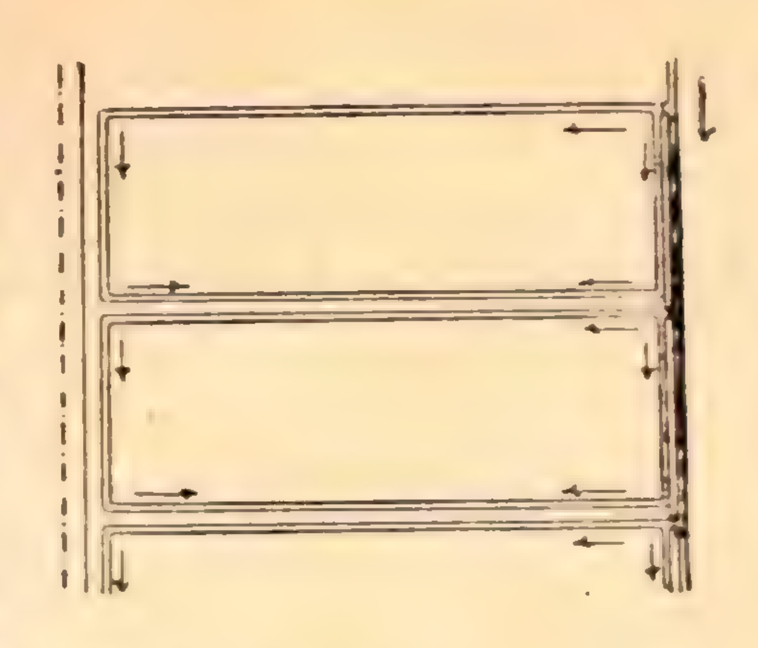
Черт. 242.

Толщина почвенного слоя для полей орошения и фильтрационных полей должна быть от 1,2 *м* до 1,8 *м*. При устройстве полей орошения употребляются следующие системы орошения.

a) Поверхностная, пригодная для орошения глинистых почв, и заключающаяся в постепенном спуске после протекания по одному участку на другой ниже-лежащий, а затем на третий, пока не получится незагнивающий продукт; в этом случае приходится эксплоатировать только луговые злаки.

Система поверхностного орошения может быть односкатной (черт. 241) и двускатной (черт. 242).

b) Наиболее употребительным является второй способ орошения, который основан на затоплении орошенных участков. При способе затопления (черт. 243) вся территория делится на участки, площадью от 1 до 3 гектаров, которые планируются или горизонтально, или с небольшим уклоном, в зависимости от рельефа местности от 0,001 до 0,002; эти участки обносятся валами, высотой 0,7 — 1 *м* по всему его периметру для задержания напускаемого слоя от 8—20 *см*.

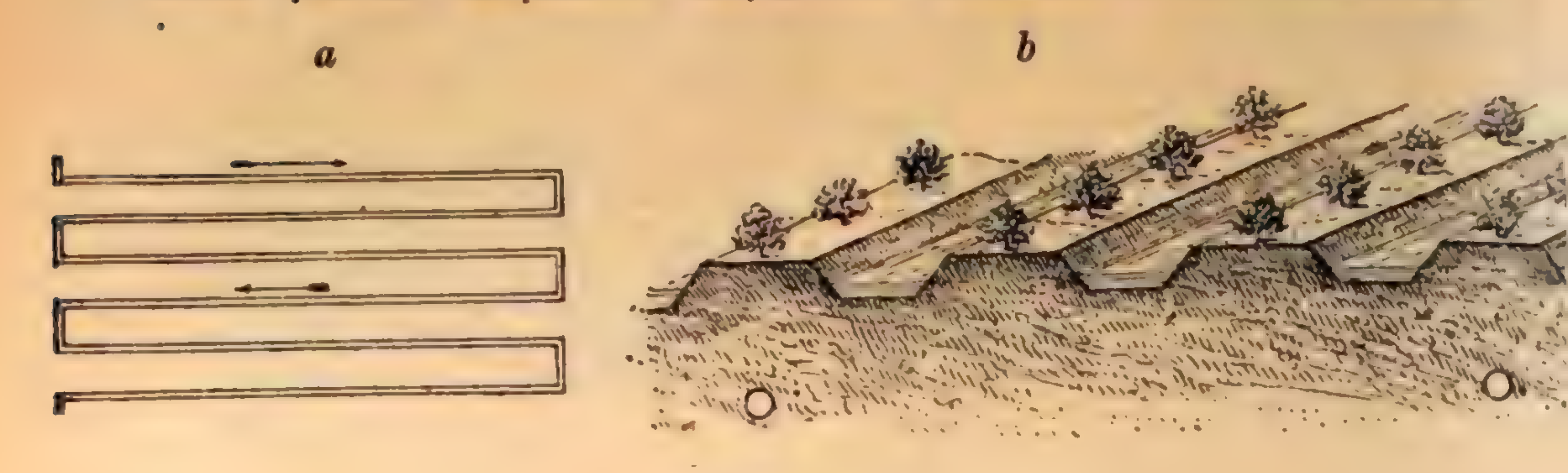


Черт. 243.

Участки имеют в плане прямоугольные формы за исключением окраинных, форма которых зависит от очертания границ полей орошения.

По окружающим участки валам проходят на расстоянии 40—80 *м* распределительные канавы или дороги, служащие для вывоза продуктов с полей орошения.

Выпуск сточной воды из распределительных канав на поселковые участки совершается посредством установки на них деревянных



Черт. 244.

щитков; для лучшего распределения сточной воды на участках проводятся борозды сел.-хоз. орудиями. После просачивания очищенные воды попадают в систему всасывающих дрен, а из них стекают в отводные канавы, или непосредственно, или чрез собирательные дрены.

При разведении на полях орошения корнеплодов (капусты, спаржи и т. п.) участки разделываются в виде грядок, шириной 1—2 *м*, длиной 20—30 *м*, чтобы сточные воды не соприкасались листьями огородных растений (черт. 244).

Процент задержания бакте-

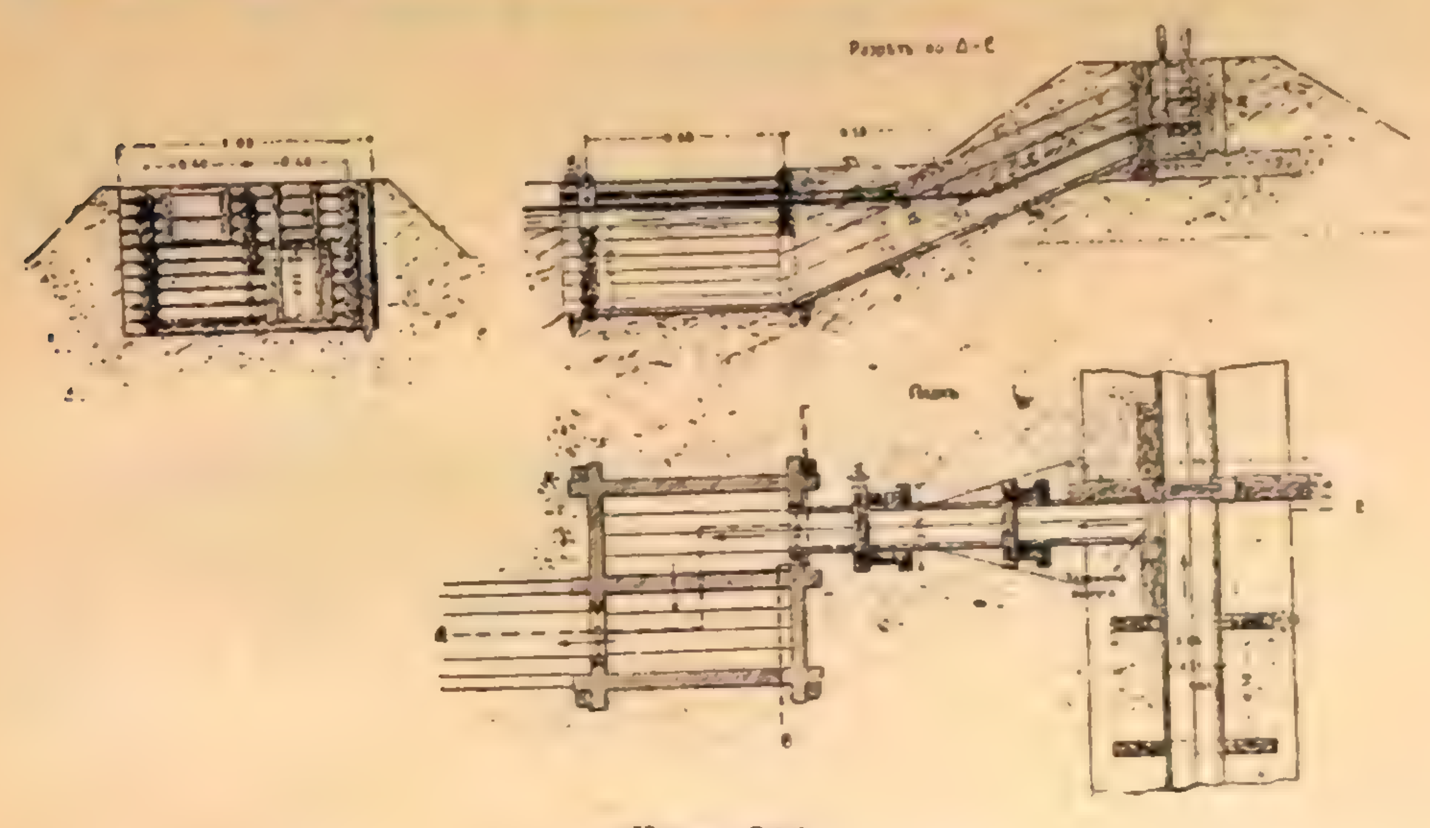
Черт. 245.

рий на полях орошения очень высок и при правильной эксплоатации превышает 99%.

Но дренажные воды, разумеется, непригодны для питья, так как в фильтрате могут быть и болезнетворные микроорганизмы.

Количество площади, нужной для полей орошения при способе затопления, может быть определено по норме 25.000 — 40.000 *куб. м* сточной воды на 1 гектар в год. Но, принимая во внимание, что напуск воды совершается только по $^1/_4$ — $^1/_6$ всей площади, мы получим, что в сутки на гектар можно выпустить от 280—440 *куб. м.*

Для наших условий лучше придерживаться меньших норм, так как мы имеем дело с концентрированной сточной жидкостью.



Черт. 246.

К вычисленной таким образом величине нужно прибавить 25—30% на валы, канавы, дороги и пр., т.-е. помножить ее на коэффициент 1,25—1,3.

На черт. 245-a—d показаны типы кирпичных, железо-бетонных, деревянных и земляных распределительных каналов на Московских полях орошения.

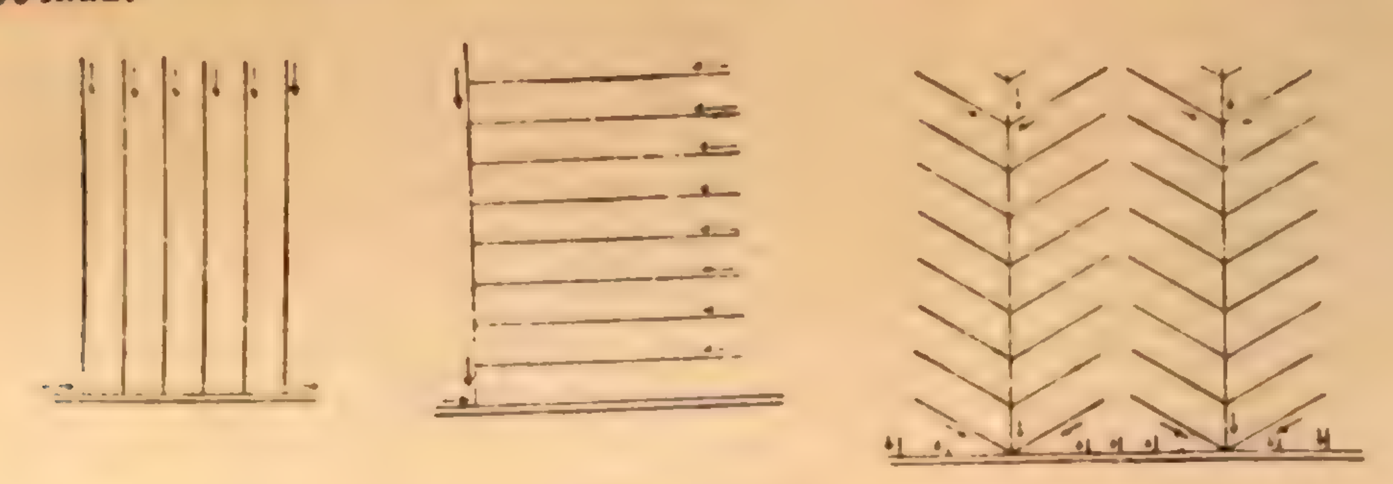
На черт. 246 показана деталь выпуска сточной воды из распределительного канала на Московских полях орошения; здесь, во избежание размыва участков, сделан водобойный колодезь в виде сруба.

Дренажная сеть на полях орошения устраивается или по продольной линии, или по поперечной, или по диагональной системе.

Для поселковых полей орошений наиболее удобной является продольная система, так как при ней все всасывающие дрены впадают непосредственно в отводную канаву.

Для всасывающих дрен обыкновенно употребляют гончарные или бетонные трубы, диам. от 75 до 100 *мм* длин. от 0,30 до 1 *м*. Расстояние между всасывающими дренами делается в 10—25 *м*. Уклоны для этих дрен от 1 : 100 до 1 : 200, реже до 1 : 400.

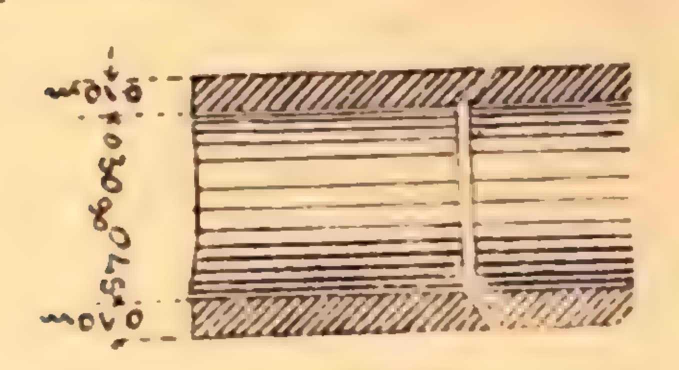
Для промывки дренажных линий через известные расстояния ставят промывные (ламповые) колодцы, вода к которым подвозится в бочках.



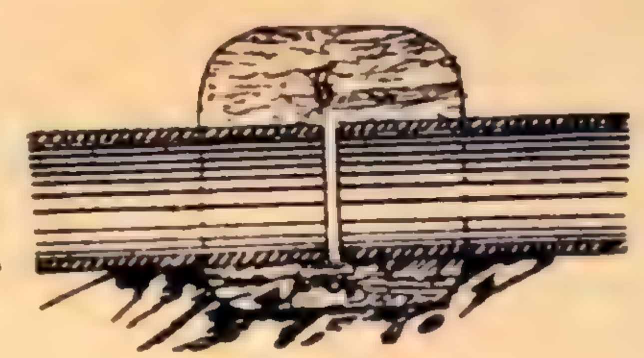
Черт. 247.

При устройстве всасывающих дрен стыки их или остаются открытыми (черт. 248), или же прикрываются торфом (черт. 249).

На черт. 250 показан тип соединения всасывающей дрены с собирательной.



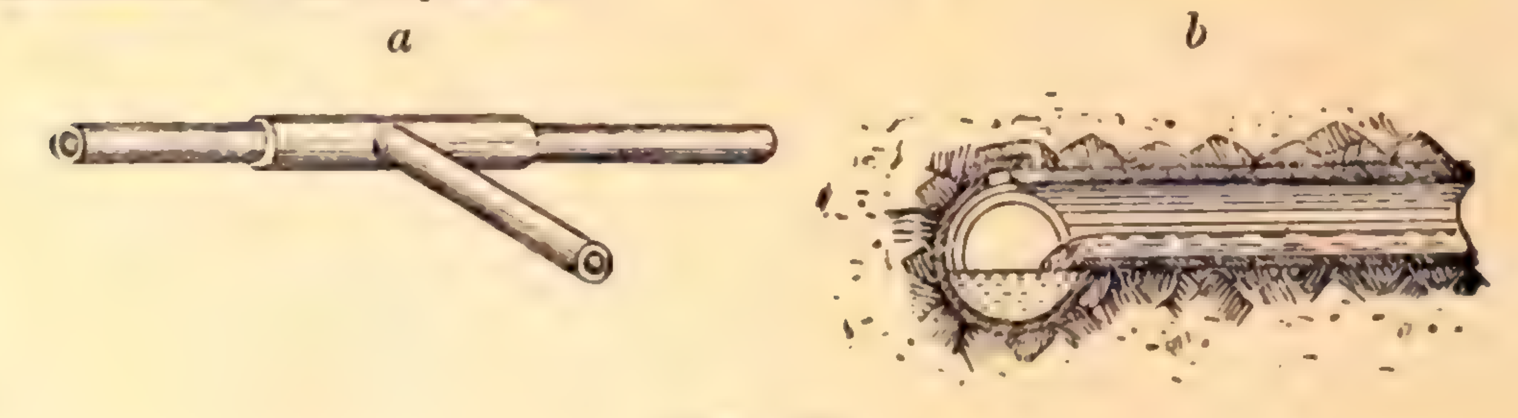
Черт. 248.



Черт. 249.

На черт. 251 показан тип отводной канавы, примененный на Московских полях орошения.

a *b*



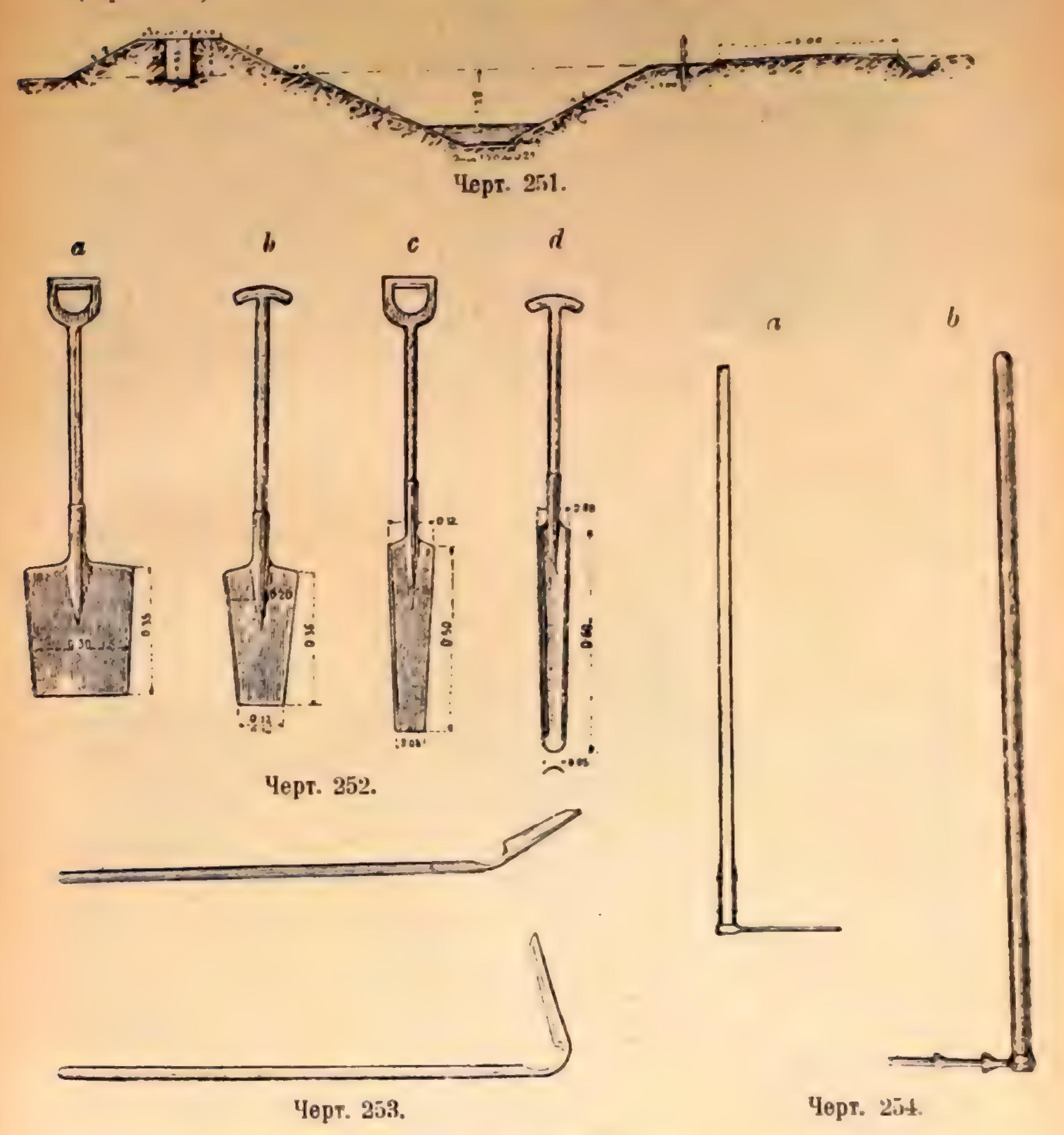
Черт. 250.

При устройстве рвов для укладки дренажных труб, в целях сокращения об'ема земляных работ ведут работы посредством особого комплекта лопат, придавая стенкам рвов уклоны в 1 : 3—1 : 5. Размеры лопат уменьшаются по мере углубления рвов.

Выглаживание дна дренажных труб производится посредством черпаковых лопат (черт. 253).

В целях ускорения производства дренажных работ, трубы заранее укладываются вдоль рвов, что облегчает их опускание посредством крюков (черт. 254).

Засыпка дренажных труб производится небольшими слоями в 0,20—0,3 *м* вынутым грунтом; если почва имеет мелкозернистое строение, то трубы на высоту 0,2—0,3 *м* обкладываются торфом, а сверху песком (черт. 255).



Черт. 251.

Черт. 252.

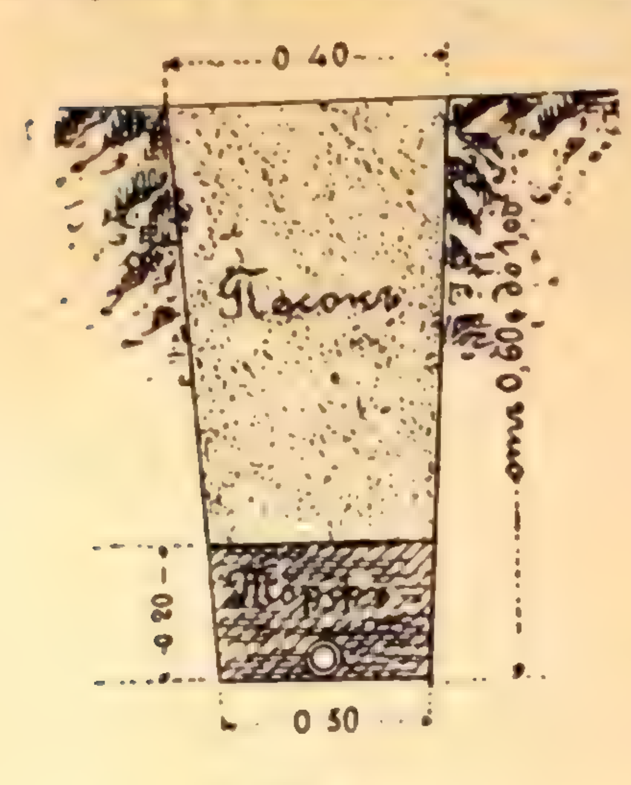
Черт. 253.

Черт. 254.

При производстве больших дренажных работ в С. А. С. Ш. употребляют специальные машины (черт. 256).

Во время вегетационного периода на полях орошения культивируются или *луговые травы* (тимофеевка, песья трава, рей-грасс и т. д.) и *кормовые злаки*, пшеница, рожь, ячмень (или *корнеплоды*), капуста, спаржа, сельдерей и пр. Выбор культур должен быть

согласован с потребностями поселка. В зимнее же время, в районах с суровым климатом, производят орошения большими порциями воды, что при незначительных морозах дает возможность пропуска сточных вод через почву, в сильные же морозы этот метод превращается в послойное намораживание.

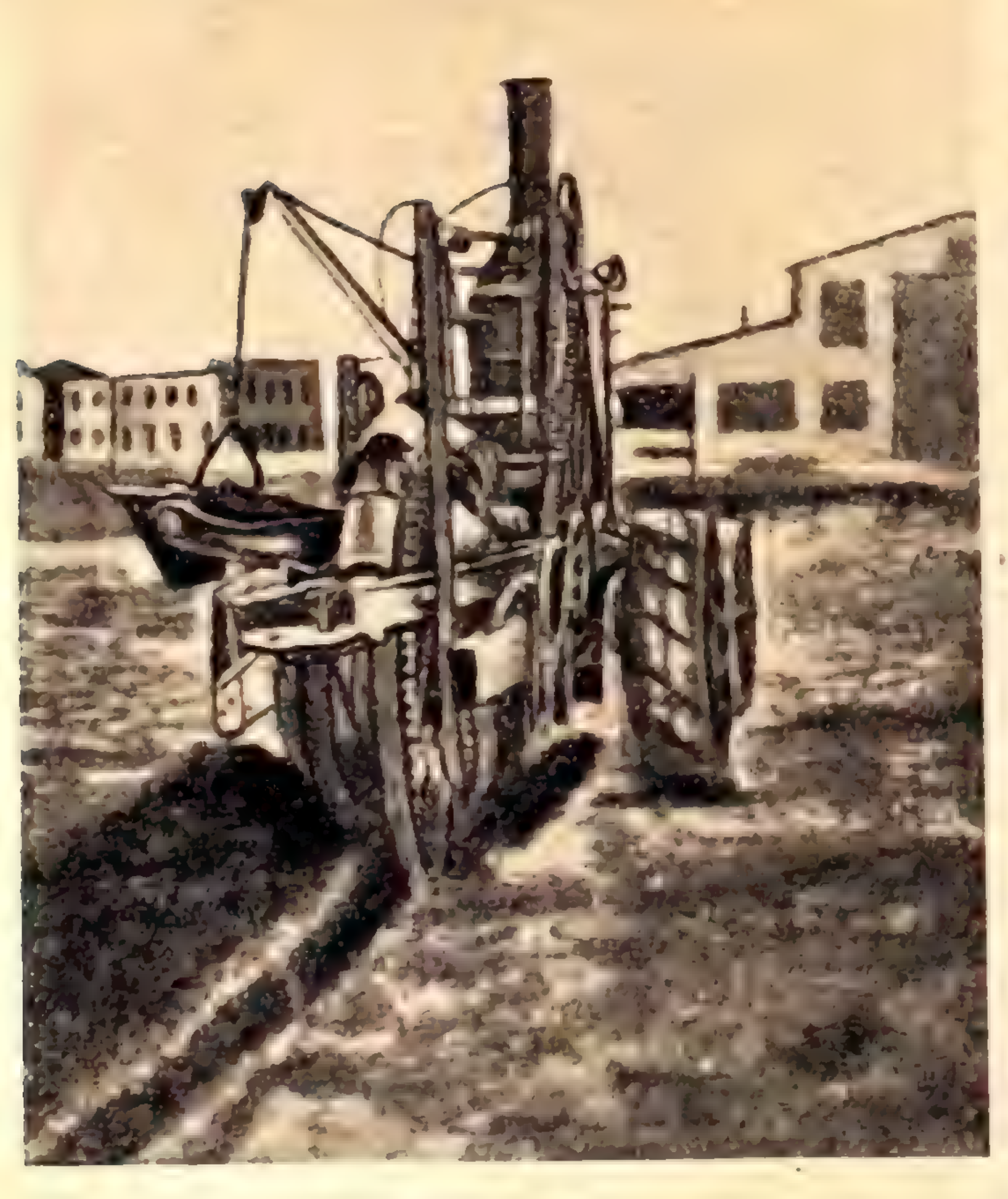


Черт. 255.

§ 87. **Фильтрационные поля.** Фильтрационные поля по своему устройству представляют собой те же поля орошения, но без использования их для с.-хоз. культур.

Это дает возможность сократить их площадь в 5—10 раз сравнительно с полями орошения; отсюда годовая нагрузка на гектар может быть принята в 60.000—120.000 *куб. м.*

Способ этот получил, как уже мы упоминали выше, распространения в С.А.С.Ш. (Штат Массачузетс), где в целях улучшения распределения воды на поверхности отдельных участков, их площади были уменьшены до 0,4 гек.; высота напускаемого слоя воды колеблется от 6 до 20 *см.*



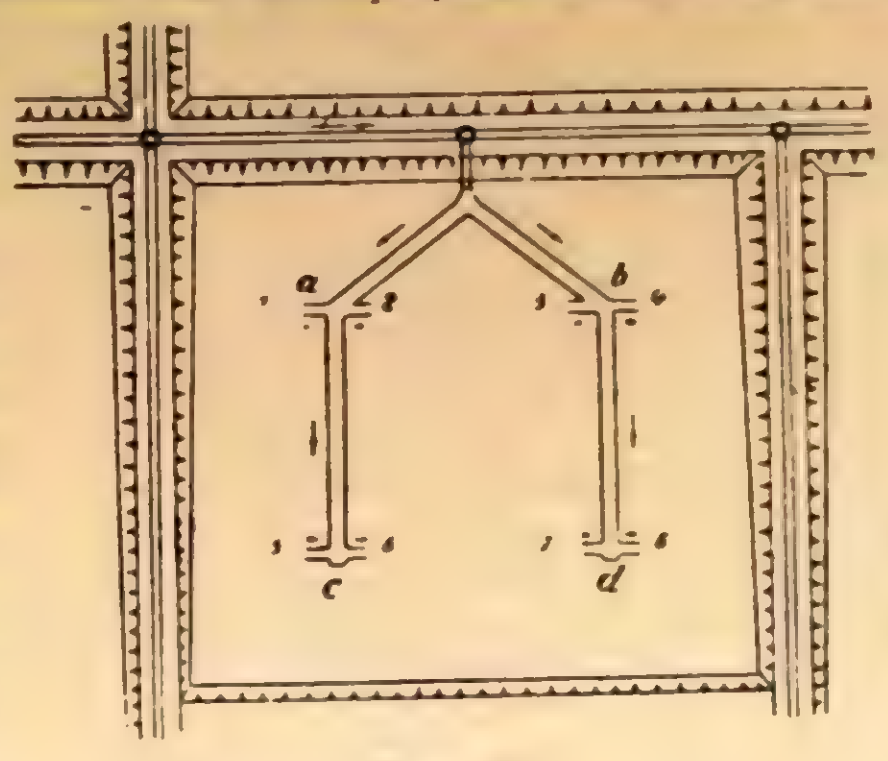
Черт. 256.

В целях улучшения распределения на отдельных бассейнах фильтрационных полей устраивают систему деревянных желобов, благодаря чему выпуск воды производится в нескольких местах (черт. 257).

Бактериологический эффект на фильтрационных полях тожествен с эффектом на полях орошения, т.-е. 99—99,5%.

Фильтрационные поля играют вспомогательную роль при устройстве городских полей орошения, так как при недостатке площади часть полей

орошения может быть использована под фильтрацию. В С. Ш. С. А., в местностях с суровым климатом, применяют орошения в глубоких бороздах, т.-е., пуская сточные воды под образующийся под ними лед, но этот способ является сравнительно дорогим для наших условий (черт. 258).



Черт. 257.

§ 88. Подземное орошение. Желание устранить запахи, которые усиливаются в жаркое время, в особенности при небрежной эксплоатации, заставили при устройстве фильтрационных полей, вблизи жилых помещений, применять систему подземного орошения посредством системы распределительных заложенных под поверхностью земли дренажных труб без заделки их стыков. Независимо от этой распределительной сети укладывается еще и подземная дренажная сеть на обычной глубине.

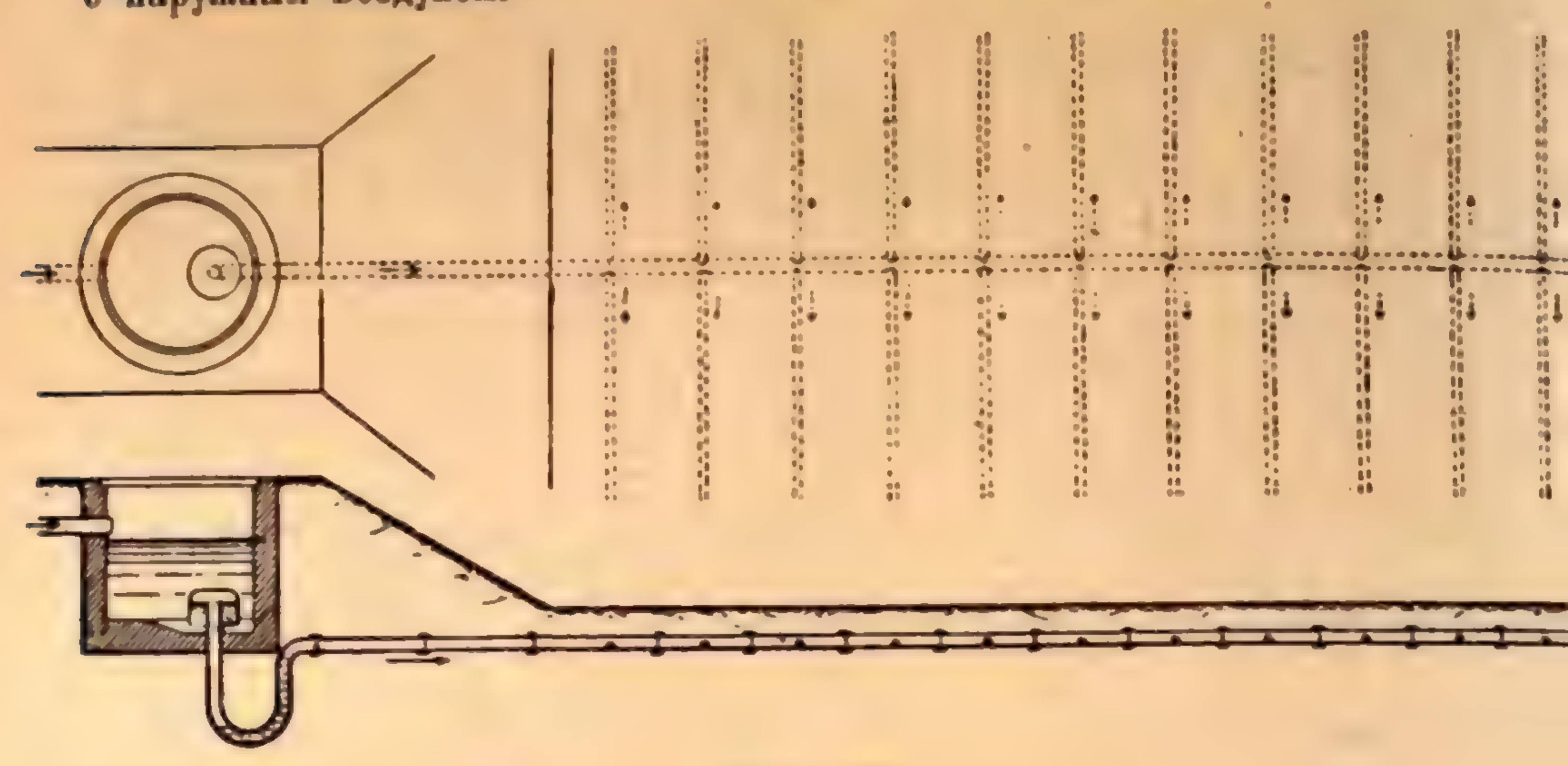


Черт. 258.

Подземные поля орошения устраиваются исключительно в пористых почвах (песках, супесках); сточные воды до впуска их в подземную распределительную сеть необходимо подвергать предварительной обработке в осадочных бассейнах или колодцах, так как в настоящем случае невозможно удаление оседающих над поверхностью земли взвешенных веществ без вскапывания всего слоя земли над распределительной дренажной сетью.

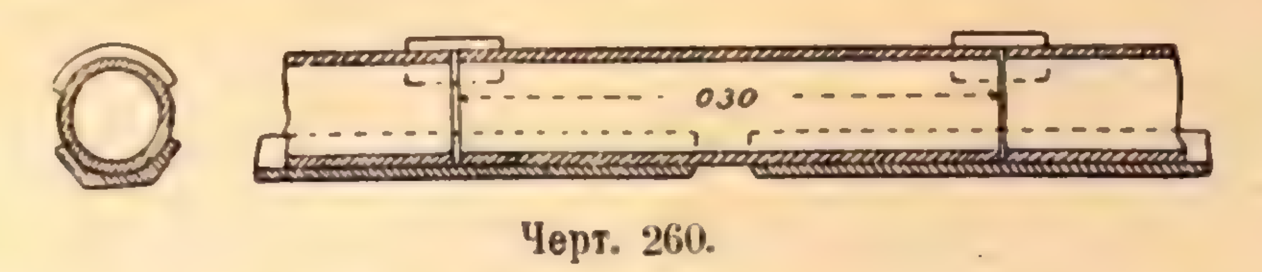
Дренажные распределительные трубы укладываются на расстоянии 0,8—1,5 *м*, для наилучшего распределения сточных вод, которые в тех же целях напускаются в подземные поля орошения периодически из сбор-

ных резервуаров с сифонами. Для лучшего снабжения фильтрующей почвы воздухом концы дренажных труб соединяются вертикальными отростками с наружным воздухом.



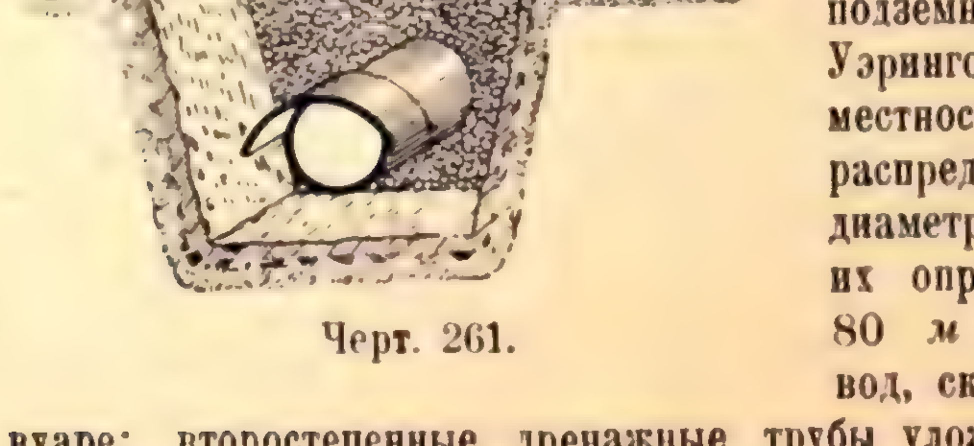
Черт. 259.

Затруднения при необходимости удовлетворить всем вышеприведенным требованиям, и в особенности, при эксплоатации подобных сооружений, недоступных непосредственному надзору, обусловливают сравнительно редкое



Черт. 260.

применение этого способа. Так, подземные поля орошения применяются для очистки сточных вод учреждений, которыми пользуются, по преимуществу, в летнее время. К таким учреждениям относятся отдельно стоящие летние гостиницы, группы вилл и т. п.



Черт. 261.

На черт. 259 показана схема подземного орошения, устроенного Уэрингом (Waring) в нескольких местностях Сев. Америки. Здесь распределительные трубы имеют диаметр в 50 *мм*, а общая длина их определена по норме Уэринга 80 *м* на 1 *куб. м* сточных вод, скопленных в сточном резервуаре; второстепенные дренажные трубы уложены с уклоном в 1 : 600; главная распределительная дренажная труба имеет уклон 1 : 300; расстояние между дренами 1 *м*, глубина их заложения — 0,25 *м*. При укладке дренажных линий или отдельные трубы вставляют одна в другую,

или же оставляют между трубами промежутки, перекрывая их надвижными муфтами (черт. 260).

В тяжелых почвах дренажные трубы в целях лучшей аэрации обсыпаются слоем гравия или щебня (черт. 261).

Подземные поля орошения нашли себе применение в С. Ш. С. А., а за последние годы и в Германии. Для успешности их действия необходимо применение одного из типов сооружений для предварительной обработки сточных вод (загнивателей, септик-сепараторов Заславского и т. п.). Недавно подземные поля орошения применены для рабочего поселка на Днестровской станции Одесского водопровода и в течение года, благодаря подготовке сточных вод в загнивателях работают исправно.

ГЛАВА XXIV.

Биологические фильтры.

§ 89. Системы биологических фильтров. Различают две системы биологических фильтров: заливную (контактную) и капельную (перколяционную). Заливные фильтры представляют собой кирпичные, бетонные или железо-бетонные резервуары, заполненные фильтрующим материалом, состоящим из зерна определенного размера.

В эти резервуары напускаются сточные воды после известной предварительной обработки до полного наполнения фильтров сточной водой, затем фильтры стоят наполненными и, наконец, очищенные сточные воды спускаются в течение известного промежутка на новый заливной фильтр с мелкозернистым материалом.

После спуска сточных вод заливные фильтры некоторое время не подвергаются новому заполнению, как бы „отдыхают“ для того, чтобы дать доступ воздуху, необходимому для развития деятельности аэробных бактерий. Таким образом, для работы заливных фильтров, приходится затратить известное время на их наполнение, стояние наполненным, выпуск сточных вод и отдых. В настоящее время по данным практики считается необходимым для всего цикла операций при двух наполнениях затрачивать на наполнение $1^1/_2$—2 часа, на стояние заполненным 2 часа, на опорожнение 1—2 часа, и на отдых от 4 до 12 часов.

Последняя норма применяется для второго заполнения фильтра, так как это дает возможность исключать заливные фильтры из работы в ночное время, в течение которого сточные воды могут скопляться в сооружениях для предварительной обработки сточных вод.

Заливные фильтры обыкновенно состоят из двух серий параллельных бассейнов (двух ступеней), при каковом устройстве сточные воды подвергаются двойному соприкосновению с фильтрующим материалом (двойной контакт).

Капельные окислители представляют собой или резервуары, заполненные фильтрующим материалом, или слои фильтрующего материала,

насыпанные под известным откосом на водонепроницаемом основании. Сточные воды напускаются на них или непрерывно или чрез известные промежутки времени, при чем происходит или орошение сточными водами всей их поверхности, сразу, или же орошение в каждую единицу времени, известной части общей поверхности.

Сточные воды после излияния их на поверхность капельных окислителей проходят чрез слои фильтрующего материала и стекают чрез дренажную сеть в отводной канал.

В местностях с суровым климатом является целесообразным прикрывать поверхность заливных окислителей слоями торфа, соломенными матами, торфяными досками и пр., с тем, чтобы напуск сточной воды совершался бы под прикрытием.

Но тут все-таки нужно иметь в виду, что при таких условиях вследствие малого притока воздуха, ухудшается эффект очистки.

Капельные фильтры нуждаются в прикрытии только при неподвижной системе распределения; тогда как подвижные оросители действуют, в большинстве случаев, весьма исправно даже в суровые морозы.

§ 90. Материалы для устройства биологических фильтров. В биологических фильтрах вместо естественных почв для очистки сточных вод пользуются искусственно подготовленными материалами, которые нагружаются в бассейны или насыпаются слоем известной толщины на непроницаемое дно. Материалы, употребляемые для загрузки биологических фильтров должны состоять из твердых кусков, неправильной формы, с шероховатой поверхностью, обладать способностью сопротивляться разрушающим действиям сточной воды и морозов и стоить, по возможности, недорого; кроме того, в целях лучшей очистки, желательно, чтобы загрузочный материал имел бы в своем составе железо.

Кроме того, при выборе материала для загрузки биологических фильтров стремятся выбрать из равных материалов тот, который, с доставкой на место, будет дешевле, что в свою очередь помимо своей стоимости на месте, будет зависеть от веса 1 куб. ед. материала и расстояния пункта нахождения материала от места производства работ.

Для загрузки биологических фильтров пользуются на практике шлаками различных производств, коксом, кирпичным щебнем, естественными твердыми породами и пр.

При применении шлаков следует обращать особенное внимание на их способность к раздавливанию, что обусловливается, главным образом, их химическим составом.

Наилучшими по своим качествам являются шлаки, получающиеся от старых доменных печей, из мусоро-сожигательных печей, от обжига фарфоровой глины и от всех производств, дающих шлаки без примеси серы и извести.

Кокс, получающийся, как лишний продукт газовых заводов, является пригодным только для капельных фильтров, так как в заливных он может всплывать при затоплении его водой.

Кирпичный щебень, приготовляемый из лучших сортов клинкера, представляет собой вполне подходящий материал для загрузки биологических фильтров, если он обладает достаточной твердостью.

Из твердых пород нужно указать на песчаник, гранит и шифер.

Вопрос о выборе размеров зерен загрузочного материала не может быть разрешен вне зависимости от состава подлежащей обработке сточной воды (количество взвешенных веществ, степени концентрации и пр.) и рода фильтров (заливных или капельных). Чем лучше проведена предварительная обработка сточных вод, тем мельче могут быть выбраны зерна загрузочного материала.

Размеры зерен для заливных фильтров выбираются сообразно числу ступеней; для одноступенчатых заливных окислителей загрузка делается из зерен в 3 — 8 *мм*, а для двухступенчатых— в 10—25 *мм*, для первой ступени в 5 — 10 *мм* и для капельных окислителей в 6 — 75 *мм*, редко 100 *мм*.

Выбор более крупного материала для загрузки капельных фильтров делается потому, что здесь сточные воды, протекая чрез толщу фильтра, очищаются лишь вследствие соприкосновения их с загрузочным материалом, подвергаясь при этом постоянной аэрации.

В целях улучшения результатов очистки на биологических фильтрах загрузочный материал должен быть тщательно отсортирован и очищен от пыли. Сортировка загрузочного материала производится посредством просеивания его чрез грохоты с круглыми отверстиями заданной величины, при чем одновременно производится и обмывание его в целях очищения от пыли. Просеивание загрузочного материала лучше всего делается на месте производства работ, так как при перевозке подготовленного материала возможно дальнейшее его измельчение.

Сортировка и промывка материала являются достаточными при применении таких материалов, у которых куски имеют размеры, близкие к требуемым. К таким материалам нужно отнести большинство шлаков и кокс.

В случае же использования для загрузки биологических фильтров каменных пород или шлаков крупных размеров, необходимо к операциям по сортировке и промывке присоединить еще операцию по раздроблению загрузочного материала на куски близкие к заданным размерам. Раздробление твердых материалов возможно делать не вручную, а посредством механических дробилок, что является выгодным для поселков при существовании в их границах заводов.

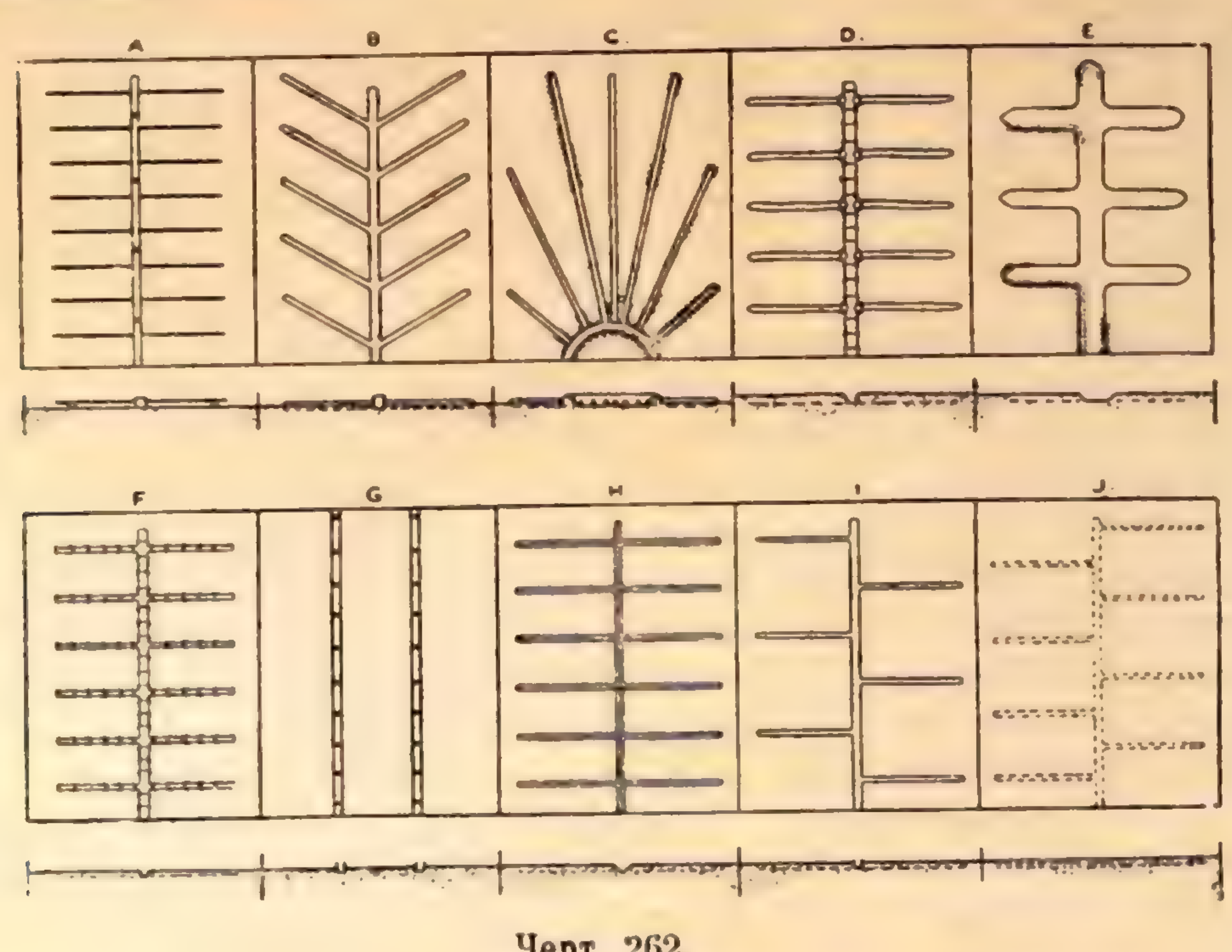
§ 91. Заливные окислители. В целях продуктивной работы заливных окислителей важно обеспечить равномерное распределение сточных вод по их поверхности, так как, в противном случае, в пунктах перегрузки возможно быстрое заиление поверхностных слоев их фильтрационного материала.

Для выполнения этой задачи довольствуются устройством на поверхности сети распределительных желобов, которые получают воду из питательного резервуара или приводного канала.

Распределительные желоба устраиваются из пропитанных креозотом досок, разрезных керамиковых труб, железных швеллеров, или вырываются в толще окислителя, при чем их поверхность обсыпается мелко-зернистым материалом для предотвращения прохода взвешенных веществ в тело фильтров.

Детали устройства сети распределительных желобов показаны на черт. 262.

В типе *A* центральный деревянный канал питает поперечные железные дырчатые трубы. В типе *B* из центрального деревянного желоба расходятся под углом в 45° поперечные деревянные желоба прямоугольного сечения.



Черт. 262.

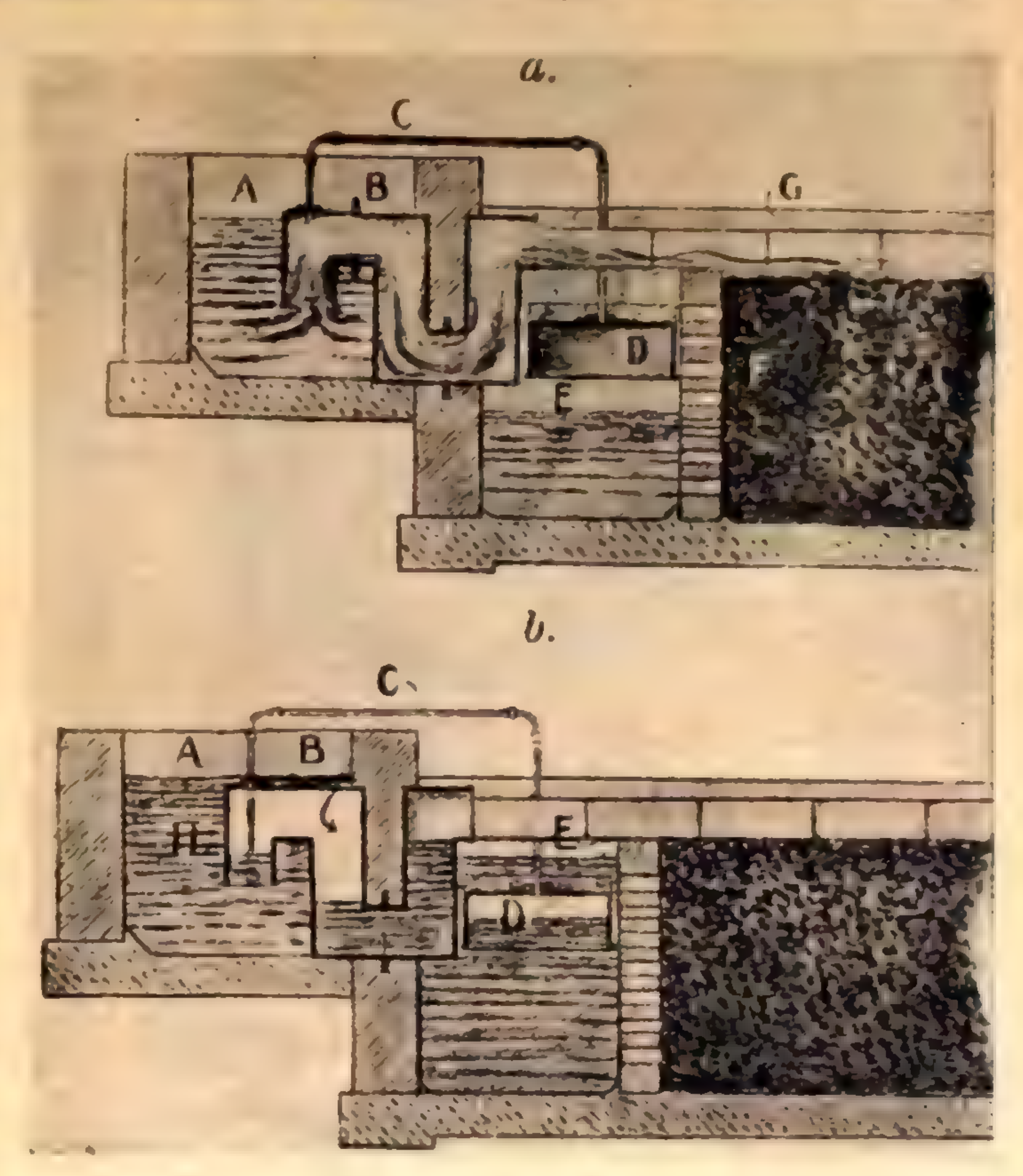
Из этих типов наиболее подходящими для поселковых очистных станций являются типы *B*, *H* и *J*, как наиболее дешевые вследствие применения дерева; из них несколько хуже тип *H*, так как очистка треугольных желобов от взвешенных веществ затруднительна. Расчет желобов производится по формуле Гайгилье и Куттера с коэффициентом шероховатости 0,30.

С целью быстрого заполнения заливных окислителей сточными водами приходится перед ними устраивать особые резервуары, которые, уравнивая колебания в притоке сточных вод, в особенности на маленьких станциях, облегчали бы напуск в них воды в установленное время ($1^1/_2$—2 часа).

Одним из таких автоматических приборов является система Эдамса (Adams), примененная на ряде английских очистных станций (черт. 263).

Осветленная вода притекает из приводного канала в изогнутую трубку *AB*, из которой она поступает в распределительную сеть. Труба *AB* связана воздушной трубкой *C* с колоколом *D*, плавающими в маленьком

резервуаре E, заполняемом очищенной водой. По мере поднятия уровня в резервуаре E подымается колокол D, вследствие чего воздух в трубке C начинает выходить в левое колено трубки и производить давление на поверхность сточной воды притекающей к AB. При наивысшем уровне в резервуаре E, получающемся при полном заполнении заливного фильтра, воздух из трубки C совершенно прекратит доступ осветленной сточной воды из приводного канала на данный заливной фильтр: в это время осветленная сточная вода начнет поступать на другой заливной фильтр. Для автоматического выпуска очищенных сточных вод из фильтров Adams применил следующее устройство (черт. 264). У выходной стороны заливного фильтра устраиваются две небольшие камеры, соединенные между собой тонкой трубкой. Время наполнения первой камеры посредством тонкой трубки расчитано в зависимости от времени пребывания подлежащей очищению воды в заливных фильтрах. Когда наступает время окончания пребывания осветленной воды в фильтрах, в камерах получается разница уровней, необходимая для работы сифона, который, вступая в действие, опорожняет заливной окислитель до уровня дренажных каналов. Прибор Adams'а не имеет подвижных частей, что составляет его безусловное преимущество.

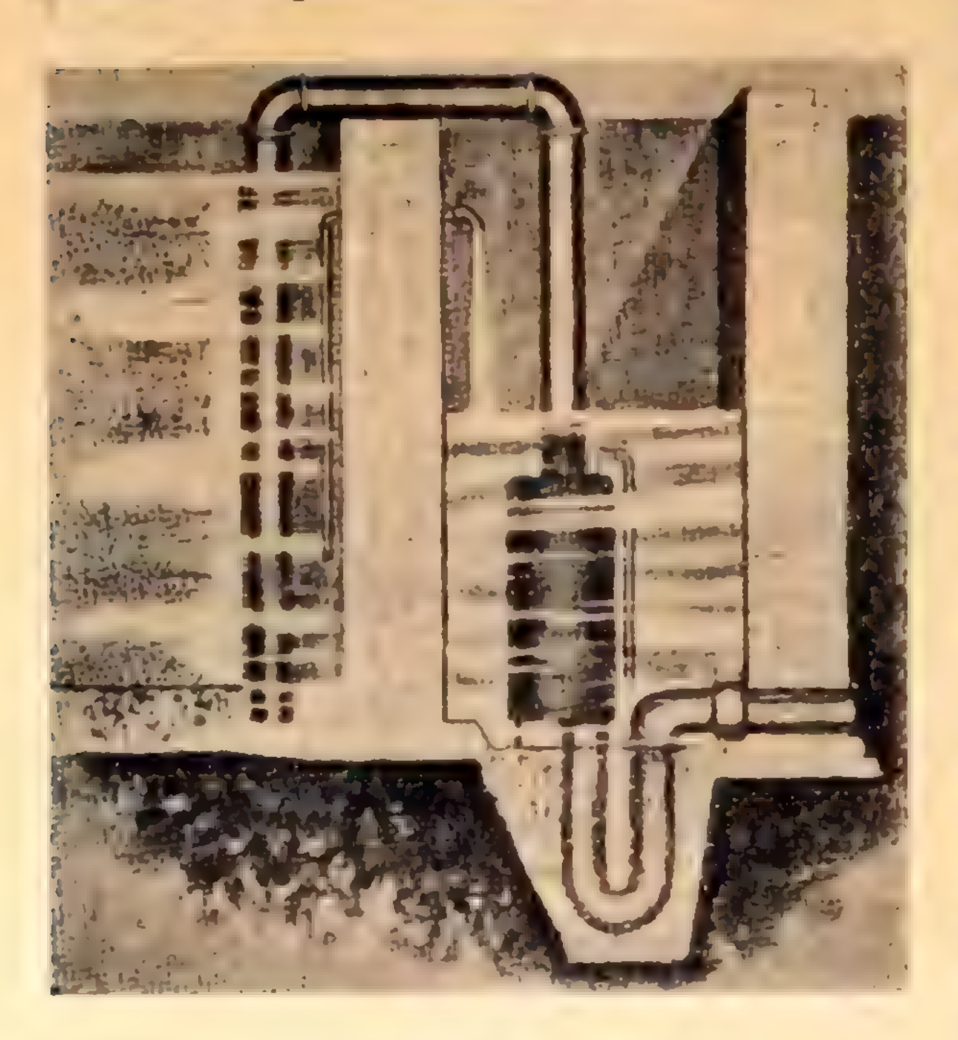


Черт. 263.

В суровые зимы автоматические приборы легко обмерзают и прекращают свою работу, вследствие чего в это время необходим за ними тщательный надзор. Для предотвращения заиления вторичных окислителей взвешенными или коллоидальными веществами, содержащихся в дренажных водах первичных окислителей, полезно устраивать между ними осадочные бассейны.

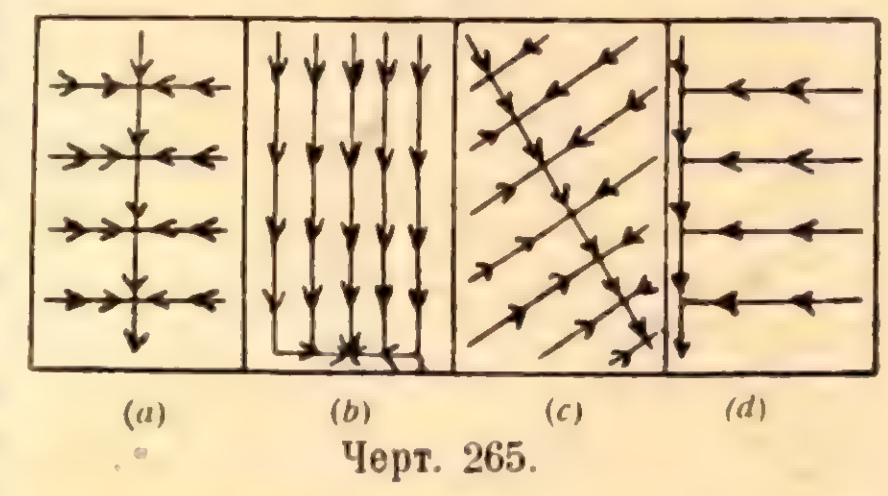
Отведение очищенных вод из заливных фильтров производится посредством сети дренажных каналов. При спуске очищенных вод

из заливных фильтров важно, чтобы было достигнуто полное опорожнение, так как в противном случае в застоявшейся части жидкости начнутся гнилостные процессы. Поэтому при устройстве дренажной сети располагают главные сборные каналы в самом дне фильтров с необходимым по расчету уклоном. Второстепенные каналы укладываются по дну фильтров и защищаются от засорения мелкими частицами слоем крупнозернистого материала, толщиной в 10—15 *см*.



Черт. 264.

Главный сборный канал укладывается или по середине дна окислителя (черт. 265-*a*) или параллельно выходной его стороне, перпендикулярно к которой располагаются поперечные длинные каналы (черт. 265-*b*) или по диагонали окислителя (черт. 265-*c*), или проходит по краю фильтра (черт. 265-*d*), или все каналы располагаются радиально. Во всех схемах для наилучшей работы дрен частям пола между ними придаются уклоны к дренам. Из этих систем дренажных сетей для больших фильтров пригодны схемы 265-*a* и *c*, для небольших—схемы 265-*b* и *d*, так как в последнем случае дрены имеют незначительную длину. Поперечные сечения и уклоны всасывающих и собирательных дрен определяются по обычной формуле Ganguillet и Kuttei с коэффициентом шероховатости 0,27—0,30 в зависимости от наибольших расходов и заданного времени опорожнения заливных фильтров; уклоны дрен на практике делаются в 1 : 100. При этих расчетах необходимо иметь в виду, что не следует придавать дренам очень большие сечения, так как первые порции сточной воды быстро попадают в дрены, где, застаиваясь, стекают при спуске плохо очищенными. Это в особенности имеет значение при применении одного контакта.



(*a*) (*b*) (*c*) (*d*)

Черт. 265.

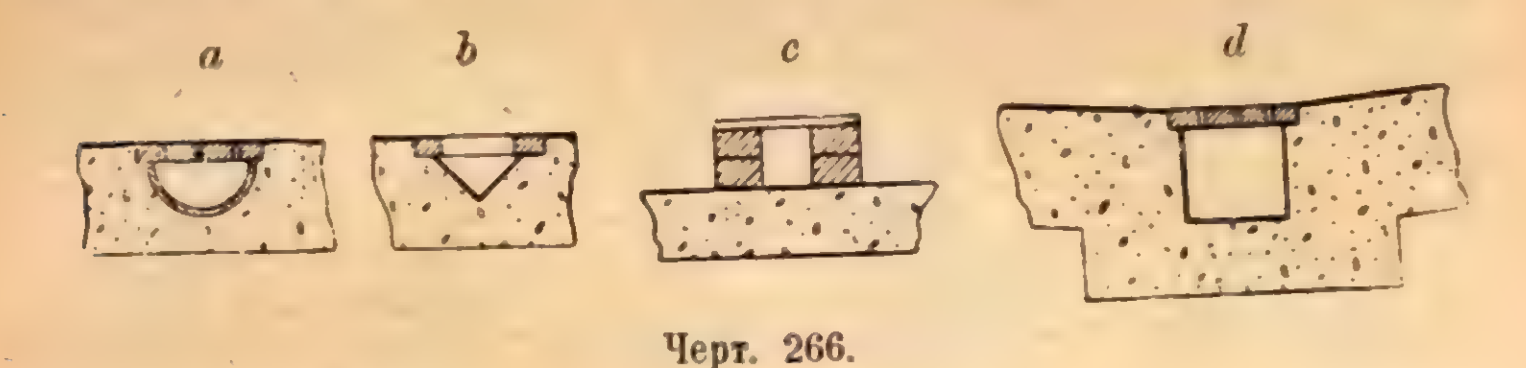
Простейшие типы дренажных каналов полукруглого, треугольного и прямоугольного сечения показаны на черт. 266.

За последнее время вместо дренажной сети для лучшей аэрации фильтрационного слоя стали устраивать, помимо сплошного дна, второе дырчатое дно, на котором покоится фильтрационный материал. Кон-

струкция различных типов дырчатого дна нами будет приведена в следующей главе.

Кроме того, в тех же целях аэрации верховые концы дренажных труб соединяются с атмосферным воздухом вертикальными вентиляционными трубами или же по всей поверхности фильтров размещаются вентиляционные трубы, которые вводятся в толщу фильтров и соединяются с дренажными каналами. Последний прием является целесообразным при постройке биологических фильтров в отдельных закрытых зданиях или подвалах.

По мере хода эксплоатации заливных фильтров в них замечается постепенное уменьшение первоначальной водоемкости, которое через 4—5 лет после начала эксплоатации фильтра требует приостановки работы фильтров для промывки, просеивания и добавления нового загрузочного материала (от 20 до 40%). Это уменьшение емкости заливных фильтров зависит от следующих факторов:



Черт. 266.

1) уплотнения и разрушения фильтрационного материала, 2) об'ема жидкости, пропущенной через заливные фильтры, 3) количества взвешенных веществ, содержащихся в пропущенной через заливные окислители, 4) неудовлетворительности дренажа и аэрации, 5) недостаточного отдыха, 6) отложения коллоидальных веществ, 7) развития организмов, 8) неудачного выбора размера зерен фильтрующего материала и капиллярного действия воды.

Для определения количества материала (шлака или кокса), потребного для загрузки заливных фильтров, можно руководствоваться нормами проф. Тумма (Thumm), по которым для очистки 1 *куб. м* сточных вод требуется: 1,7 *куб. м* для одноступенчатых и 2,2 *куб. м* для двухступенчатых окислителей. При употреблении кирпичного или каменного щебня нормы материала должны быть увеличены на 25—33%.

При разрешении вопроса о глубине заливных фильтров необходимо иметь в виду, чтобы в них был бы доступ для поступления атмосферного воздуха. Отсюда становится ясным, что при мелкозернистых материалах глубина должна быть меньше, а при крупнозернистых больше. На основании данных практики рекомендуется выбирать глубину в следующих пределах:

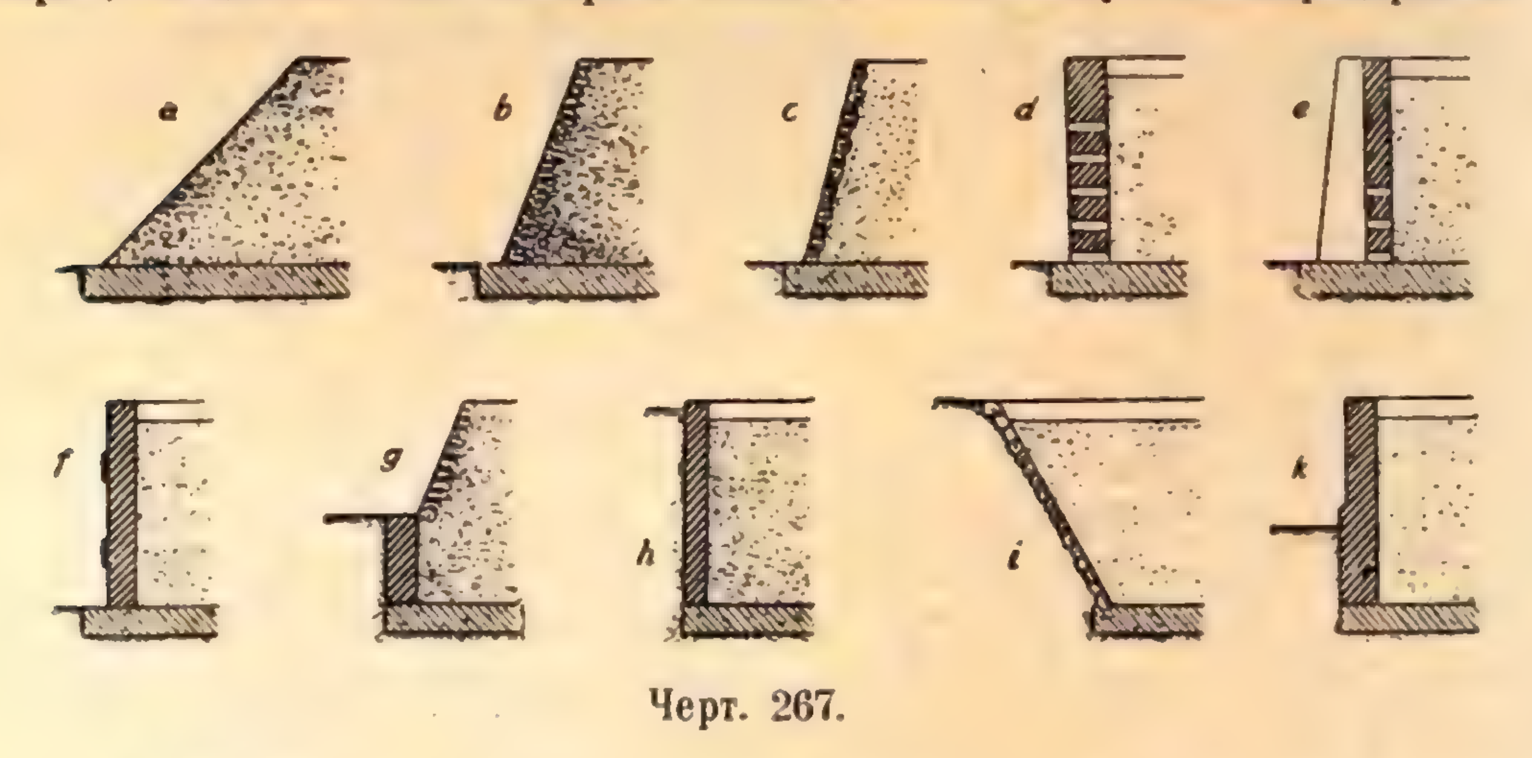
для зерен	25—8 *мм*	1,8—1,5 *м.*
„ „	8—5 „	1,5—1 „
„ „	5—3 „	1 —0,5 „

Если нам по местным условиям необходимо выиграть в уклоне, то приходится уменьшить глубину, взамен чего соответственно возрастает общая площадь. В холодном климате значительное уменьшение глубины может вызвать необходимость перекрыть биологический заливной фильтр. Выбрав сообразно нашему заданию глубину и зная кубатуру загрузочного материала, мы легко вычисляем общую площадь, которую и разбиваем на отделения в зависимости от величины этой площади, характера притока сточных вод и строительных сооружений. Форма поперечного сечения обыкновенно делается прямоугольной, что позволяет использование стен одного отделения для другого.

Соотношения между шириной (x) и длиной (y) при наличности нескольких отделений определяются по следующей формуле:

$$x = \frac{n+1}{2n} \cdot y \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (27).$$

Двухступенчатые заливные окислители задерживают до 80% бактерий, вследствие чего во время эпидемий сток следует дезинфицировать.



Черт. 267.

§ 92. Капельные окислители. Капельные окислители представляют собой или слои материала, насыпанные под известным откосом на приготовленное для них дно, или же окружены частью стенками, или же, наконец, помещаются в резервуарах. На черт. 267-*a*—*k* показаны различные типы капельных окислителей.

Простейшим типом является тип *a*, где слои фильтрующего материала насыпаны под углом естественного откоса. Необходимость при такой конструкции занять большую территорию и израсходовать больше денег на материал заставляет признать более экономичным типы *b* и *c*, где для уменьшения откоса уложены по периферии фильтра или более крупные куски материала (тип *b*) или тесовый камень (тип *c*). Дальнейший выигрыш в месте при постройке капельных окислителей получается, если окружить их стенами. Такие окислители показаны на типах *d*, *e* и *f*, где стенки сделаны из кирпича или бетона. Для лучшего доступа воздуха к фильтрующему материалу в стенках сделаны отверстия (типы *d* и *e*).

Типы *g* и *k* на черт. 267 представляются весьма удобными по строительным соображениям, так как здесь фундамент закладывается неглубоко, в типе *g* надземная часть насыпана под откосом; в типе *k* окислитель окружен стенками. Типы *h* и *i* — представляют собой подземные окислители или с вертикальной обделкой или наклонной из тесового камня. Тип *i* обладает тем недостатком, что в нем верхняя поверхность больше нижней, вследствие чего части окислителя, прилегающие к стенкам, нагружаются неравномерно. Выбор типов надземных, полуподземных и подземных окислителей зависит от имеющегося в нашем распоряжении уклона местности, так как желательно, чтобы сточные воды из сооружений для предварительной обработки самотеком поступали на окислители и после очистки на последних самотеком же поступали или на последующие сооружения, или в водные протоки и вместилища.

Необходимый для пропуска сточных вод через капельные окислители уклон, помимо падения, затрачиваемого на движение жидкости в приводном канале, расходуется на сопротивления при движении по распределительным каналам, на приведение в движение подвижных распределителей, на проход через толщу фильтра и на сопротивление в дренажных каналах.

Для преодоления этих сопротивлений при толщине фильтров в 1,8 *м* необходимо затратить, по английским данным, не менее 2,40 *м*, при чем 0,60 *м* расходуется на распределители и 0,30 *м* на дренаж.

Устройство распределительных приспособлений для орошения поверхности капельных окислителей имеет очень важное значение для получения необходимого эффекта очистки. Все применяющиеся для этой цели разнообразные конструкции должны орошать равномерно поверхность капельных окислителей, так как в противном случае известная часть окислителей будет работать с нагрузкой, превышающей для данного случая установленную норму, что естественно вызывает ухудшение качества фильтрата. Сточные воды из распределительных приспособлений поступают на поверхность окислителей или непрерывно, или через небольшие промежутки времени. Для поселков вследствие значительных колебаний в составе сточных вод предпочтительнее периодическое орошение в целях получения более однообразного фильтрата, что, в свою очередь, дает возможность ограничиться меньшим падением для приведения в действие распределителей, работающих при определенном напоре падающей воды.

Приспособления для орошения поверхности капельных оросителей должны удовлетворять следующим условиям:

1) давать равномерное распределение воды на поверхности окислителя, т.-е. такое, при котором каждая единица поверхности окислителя должна получать одинаковое количество сточной воды;

2) производить распределение в форме капель;

3) давать возможность контролировать распределительные приборы;

4) иметь по возможности меньше подвижных частей;

5) требовать незначительное количество механической энергии для их передвижения:

6) стоить, по возможности, дешево;

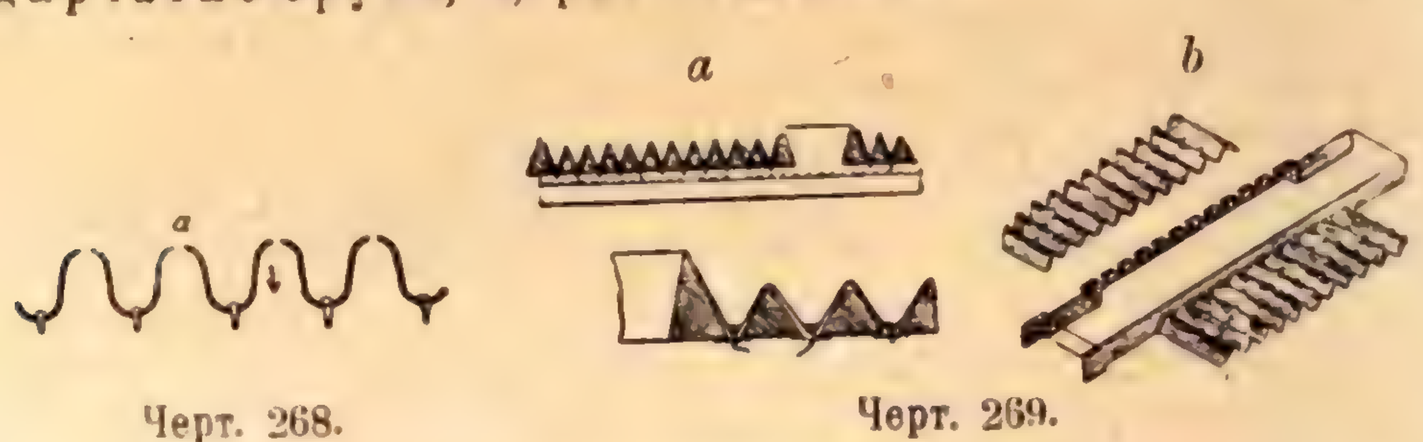
7) не вызывать больших эксплоатационных расходов.

Для того, чтобы сделать правильную оценку распределительных приспособлений, нам необходимо сначала ознакомиться более или менее подробно с их конструкцией.

Вследствие большого количества типов распределительных приспособлений, употребляющихся на практике, нам представляется необходимым сначала установить их классификацию.

Все распределительные приспособления могут быть разбиты на две основные группы: неподвижные и подвижные.

К первой группе принадлежат: 1) защитный слой из мелко-зернистого материала, 2) дырчатые желоба, 3) дырчатые трубы, 4) распылители.



Черт. 268. Черт. 269.

Ко второй группе принадлежат: 1) качающиеся желоба, 2) вращающиеся оросители, 3) передвижные оросители.

Из многочисленных типов неподвижных распылителей заслуживают внимания: дырчатые желоба сист. Стоддарта (Stoddart), Бирмингамские распылители сист. Уатсона (Watson) и распылители сист. Эдамса (Adams'a).

Поперечное сечение желобов Stoddart'a делается или U-образным (черт. 268) или треугольным (черт. 269). Сточные воды из приводных каналов, устанавливаемых на известной высоте над капельным фильтром, поступают в желоба, шириной от 0,6 до 0,9 *м*, расстояние между которыми делается около 5 *см*. Далее сточные воды стекают по боковым плоскостям в нижнюю часть желобов, из которой через маленькие насадки падают в виде капель на поверхность фильтров. Расстояние между приводными каналами делается в 2—2,5 метра.

Для достижения равномерного распределения желоба Stoddart'a должны быть уложены совершенно горизонтально; для той же цели необходима регулярная очистка желобов от засорений вследствие отложения взвешенных веществ и от льда в зимнее время.

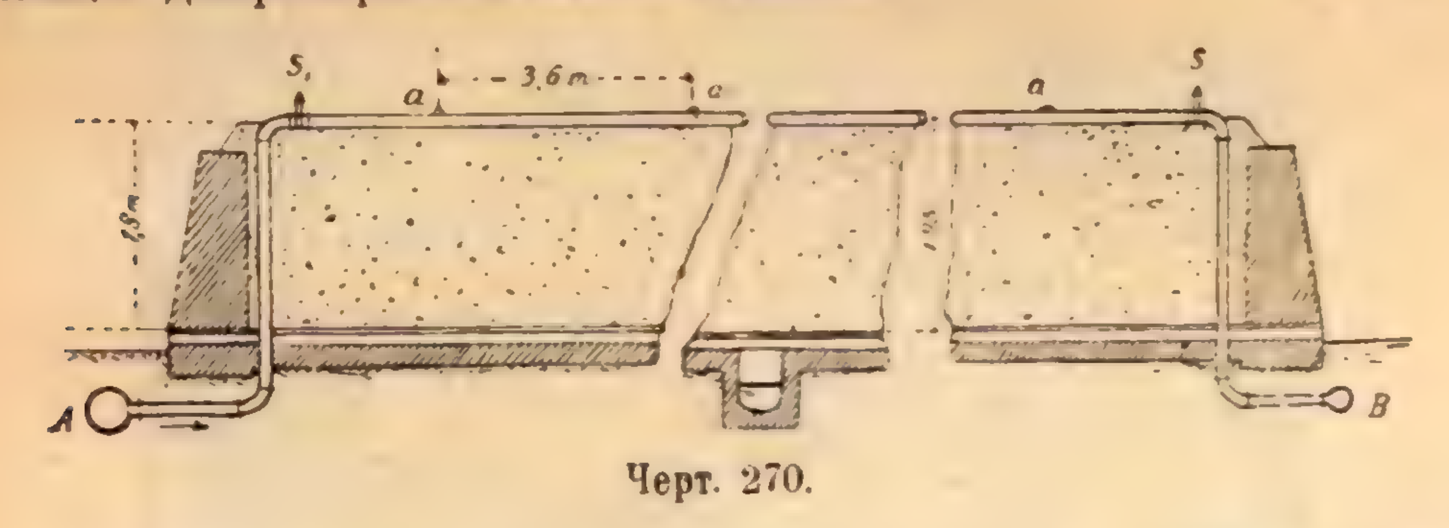
К достоинствам этого способа распределения следует отнести незначительную величину падения на движение воды

в желобах — 0,10—0,15 *м*. Кроме того, поверхность окислителей доступна для притока воздуха, не считая того, что и капли сточной воды во время падения также насыщаются воздухом; это обстоятельство, по адсорпционной теории, Дунбара имеет огромное значение.

К недостаткам этого способа следует отнести, что для очистки загрязнений на поверхности фильтра приходится снимать желоба, каковая операция является до некоторой степени обременительной. Для парализирования этого недостатка следует употреблять при применении этого способа крупнозернистый материал. Кроме того, на желобах Stoddart'а развиваются грибки, плесени и пр., которые могут закупоривать отверстия и нарушать равномерность распределения.

Желоба Stoddart'а пропускают через 400 насадок около 1 *куб. м* на 1 *кв. м* поверхности фильтра.

У нас в СССР система Stoddart'а была применена на очистной станции Днепропетровской земской больницы.



Черт. 270.

Бирмингамский распылитель имеет в центре подвижной штифт, вращая который можно по желанию регулировать выбрасываемое им количество воды сообразно давлению, которое имеется в распределительных трубах. В случае засорения отверстий распылителя можно совершенно вынуть штифт, благодаря чему сильная струя вымывает отложения. Распылитель вставлен в особую насадку, ввинченную в распределительную трубу. Наименьшее давление, под которым работает распылитель Watson = 1,4 *м*, наивыгоднейшее — 1,8 *м*; площадь, орошаемая распылителем, имеет диаметр в 3,6 метра. Установка распылителей в Бирмингаме показана на черт. 270.

Сточные воды поступают по трубе A в распределительные трубы, к которым на расстоянии 3,6 *м* прикреплены распылители; задвижка S закрывается в случае необходимости сократить работу фильтров вследствие уменьшения притока. С другой стороны фильтра проложена труба B с вертикальными отростками, запертыми задвижками S; эта труба соединена с напорным трубопроводом и в случае надобности служит для промывки распределительных труб. При применении распылителей Бирмингамского типа возможно пропускать около 1 *куб. м* на 1 *кв. м* поверхности окислителя.

Использование всей поверхности для орошения достигается при применении распылителей сист. Adams'а, которые орошают квадратную площадь.

Распылители, орошающие квадратные площадки, были применены Taylor'ом в американском городе Waterburg, где после ряда опытов остановились на следующей конструкции (черт. 271). Распылитель системы Taylor имеет два выхода; нижний—непосредственно у трубы, где вода, ударяясь об опрокинутый конус, вытекает в количестве $^1/_5$, и верхний—в виде чаши, из которой изливается $^4/_5$ всего расхода. Этим регулируется работа оросителей при падении давления в распределительных трубах. Эти распылители работают при давлении в 2,1 *м*, и при высоте верхней чаши в 0,30 *м*, над поверхностью фильтров орошают площадки в 18 *кв. м.* На черт. 272 изображен тип распылителя, установленного на опытной станции



Черт. 271.

в Москве; он отличается от типа в Waterburg'е лишь введением запорного крана, который позволяет, в случае надобности, снять распылитель для осмотра и ремонта.

Для ремонта рассмотренной нами группы распылителей необходимо иметь достаточное давление в распределительных трубах (от 1,3 *м* до 2,30 *м* в зависимости от применяемого типа). Для получения этого давления приходится скоплять сточные воды в особых резервуарах, устанавливаемых на высоте, достаточной для получения потребного напора.

Вследствие постепенного понижения уровня воды при опорожнении резервуаров, ослабляется напор в распределительных трубах, что, в свою очередь, влечет за собой сокращение площади, орошаемой распылителями. Это составляет слабую сторону работ распылителей, правильное действие которых нарушается еще силой ветра. Далее, большинство типов распылителей может орошать лишь около 80—90% всей поверхности фильтров. Наконец, распылители способствуют развитию дурных запахов. К достоинствам их нужно отнести: возможность легко приспособляться для любого расхода путем выключения

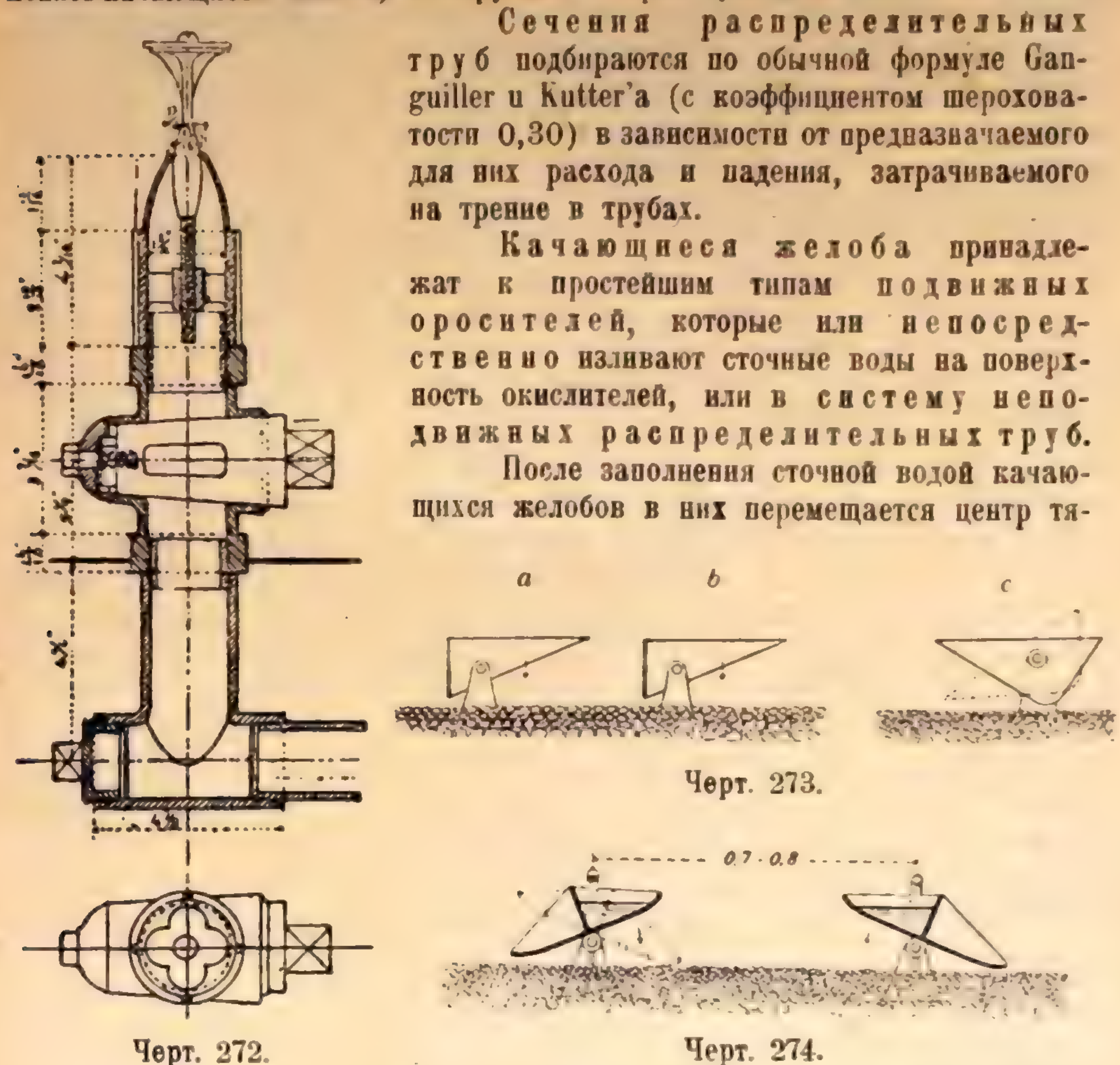
из работы отдельных ветвей с распылителями, отсутствие подвижных частей, дешевое устройство, недорогую эксплоатацию и непрерывную работу в зимнее время.

Резервуары, которыми пользуются для скопления воды для работы распылителей, опорожняются автоматически посредством сифонов и других автоматических приспособлений. Вместо резервуаров возможно применять качающиеся желоба, конструкция которых будет дана несколько ниже.

Сечения распределительных труб подбираются по обычной формуле Ganguiller и Kutter'а (с коэффициентом шероховатости 0,30) в зависимости от предназначаемого для них расхода и падения, затрачиваемого на трение в трубах.

Качающиеся желоба принадлежат к простейшим типам подвижных оросителей, которые или непосредственно изливают сточные воды на поверхность окислителей, или в систему неподвижных распределительных труб.

После заполнения сточной водой качающихся желобов в них перемещается центр тя-



Черт. 272.

Черт. 273.

Черт. 274.

жести и они, опрокидываясь, изливают жидкость, после чего вновь приходят в прежнее положение. На черт. 273 показаны одиночные качающиеся желоба.

Черт. 274 показывает двойной качающийся желоб сист. Ducat.

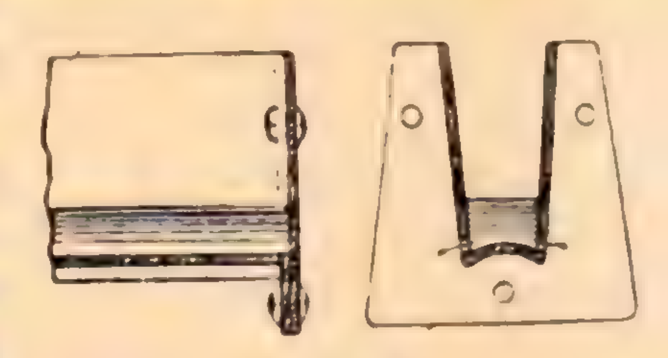
На черт. 275 показано соединение качающихся желобов с рядом параллельных неподвижных дырчатых желобов по систете Farrer (Бирмингам). Для того, чтобы при изливании сточных вод из желобов не было бы проникания крупных взвешенных частиц внутрь окислителя, под желобами укладывается защитный слой из мелко-зернистого материала. Конструкция неподвижных желобов по системе Farrer'а

показана на черт. 276. Эти желоба сделаны из оцинкованного железа; для выпуска сточных вод внизу в стенках имеются круглые отверстия в 6 *мм* диам., на расстояниях 0,3 *м*, благодаря чему в них не отлагаются осадки. Вместо железа, в целях удешевления, желоба могут быть сделаны из дерева.

Черт. 275.

Качающиеся желоба для своей работы требуют небольшого падения — не более — 20 — 30 *см* (15—20 *см* на желоба и 5—10 *см* на распределение), что составляет несомненное их преимущество. Также к достоинствам качающихся желобов следует отнести, что они работают с одинаковым количеством воды, что при их опрокидывании смываются отложившиеся на дне осадки, и что в большинстве случаев желоба могут работать без особой защиты в зимнее время.

Обычные размеры качающихся желобов на существующих установках в Англии колеблятся от 1,2 до 5,5 *м*; длина распределительных желобов — не свыше 4 *м*. Отсюда наибольшая двойная площадь капельного окислителя немного больше 40 *кв. м*, что соответствует суточному притоку в 25 — 30 *куб. м*.



Черт. 276.

Для устранения недостатков, присущих дырчатым трубам и распылителям, в большинстве конструкций которых не достигалось равномерного орошения всей поверхности капельных оросителей, пришлось прибегнуть к конструированию распределителей, которые бы перемещались по всей поверхности окислителей или путем вращения, или путем поступательного движения.

Большинство конструкций вращающихся распределителей, будучи построено на принципе Сегнерова колеса, заключается в прикреп-

лении дырчатых труб в виде рукавов к полой оси, чрез которую в них доставляется сточная вода. Сточная вода, вытекая из отверстий, сделанных в рукавах, поднятых над поверхностью окислителей, производит вращение этих рукавов, а следовательно, и постепенное орошение их поверхности. Каждое из отверстий, устроенных в рукавах, описывает круг определенного радиуса, вследствие чего, при расположении отверстий на одинаковом расстоянии друг от друга, орошение поверхности окислителей производилось бы из-за постепенного уменьшения напора неравномерно. Эта неравномерность в орошении для окислителей небольших размеров не имеет большого значения, но на больших круглых окислителях (диам. 30—36 *м*), количество сточной воды, выпускаемой на обоих концах рукава, сильно разнится друг от друга. В этом случае приходится или сближать отверстия у оси и раз'единять в крайнем конце, или же совершенно не делать отверстий в ближайшей у оси части трубы, прибегая в этом случае к добавлению двух коротких рукавов, а в некоторых случаях и четырех.

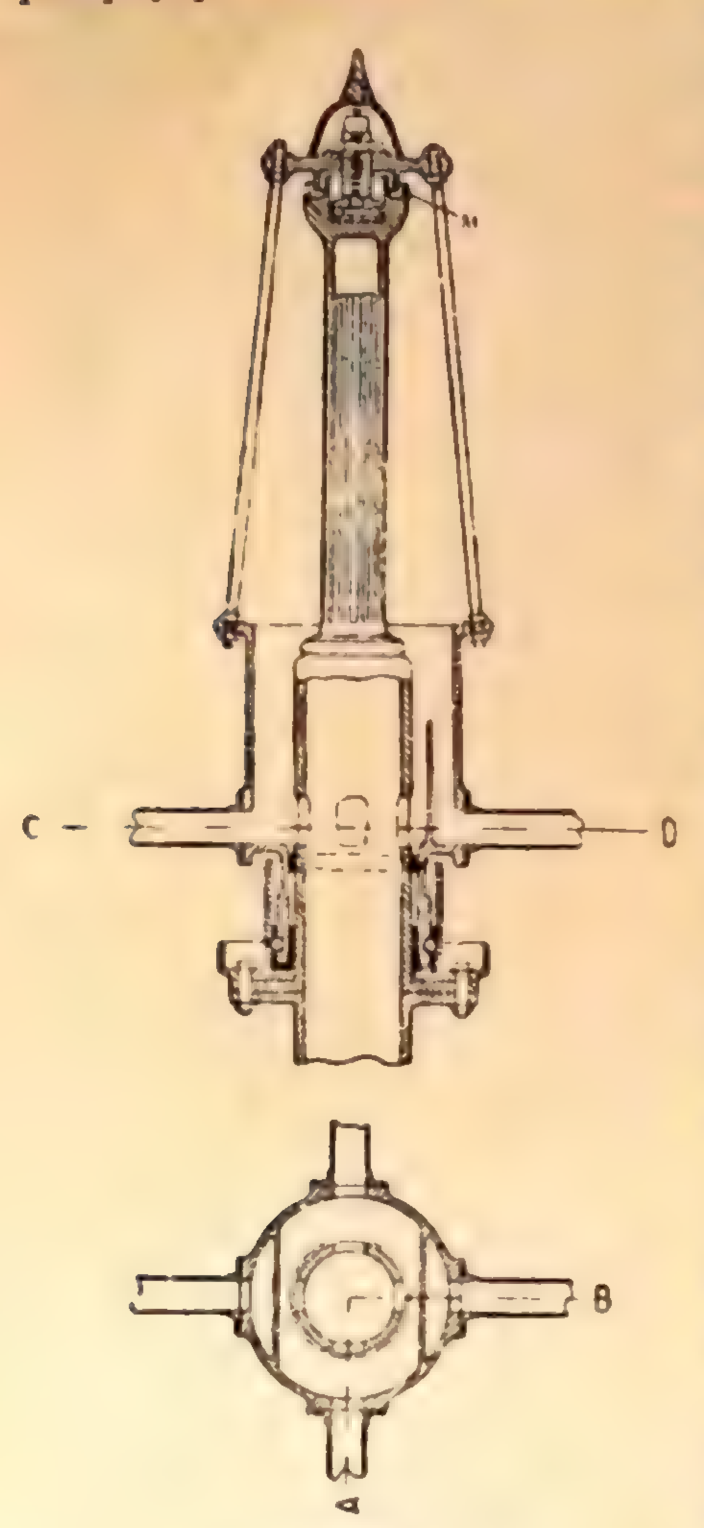
На вращение рукавов около оси, на трение при движении воды в рукавах и на потери при истечении сточных вод из отверстий приходится затрачивать некоторый напор; величина этого напора не превышает 0,10—0,90 *м*, т.-е. значительно меньше потребного напора для распылителей, что при отсутствии большого падения местности составляет их важное преимущество. Величина отверстия в рукавах делается от 3 до 10 *мм*, которые, по мере эксплоатации, легко забиваются вследствие значительной их величины и должны периодически (от 1 до 2 недель) прочищаться проволочными штифтами. При конструировании вращающихся оросителей имеет важное значение длина рукавов, зависящая, в свою очередь, от диаметра окислителя.

Чем длиннее рукава, тем труднее подвешивание к оси и уравновешивание их для поддержания в горизонтальном положении сопротивления действию ветра, который может, при известной силе, заставить вращаться оросители в противоположном направлении. Обычная длина рукавов не превышает 10 *м*, что соответствует диаметру окислителя в 20 *м*. В исключительных случаях длина рукавов достигает 15 и даже 18 *м* (Reigate). Распределительные рукава подвешиваются посредством стальных тяжей к опорным столбам. Остов этих столбов обыкновенно делается из чугуна, но части, подверженные наибольшему напряжению, из стали; опоры, на которых производится вращение оросителей, делаются также из стали. Распределительные рукава делаются из меди (Англия) или из Маннесмановских труб.

Из группы вращающихся оросителей, основанных на принципе Сегнерова колеса, приведем описание оросителя сист. Кэнди-Уисзэкер (Candy-Whittaker) с ртутным затвором (черт. 277).

Сточная вода поступает в центральную трубу и по продольным четыреугольным отверстиям изливается через резервуар в распределительные рукава. Резервуар с распределительными рукавами подвешен тяжами к головной части колонны и вращается на сферической опоре,

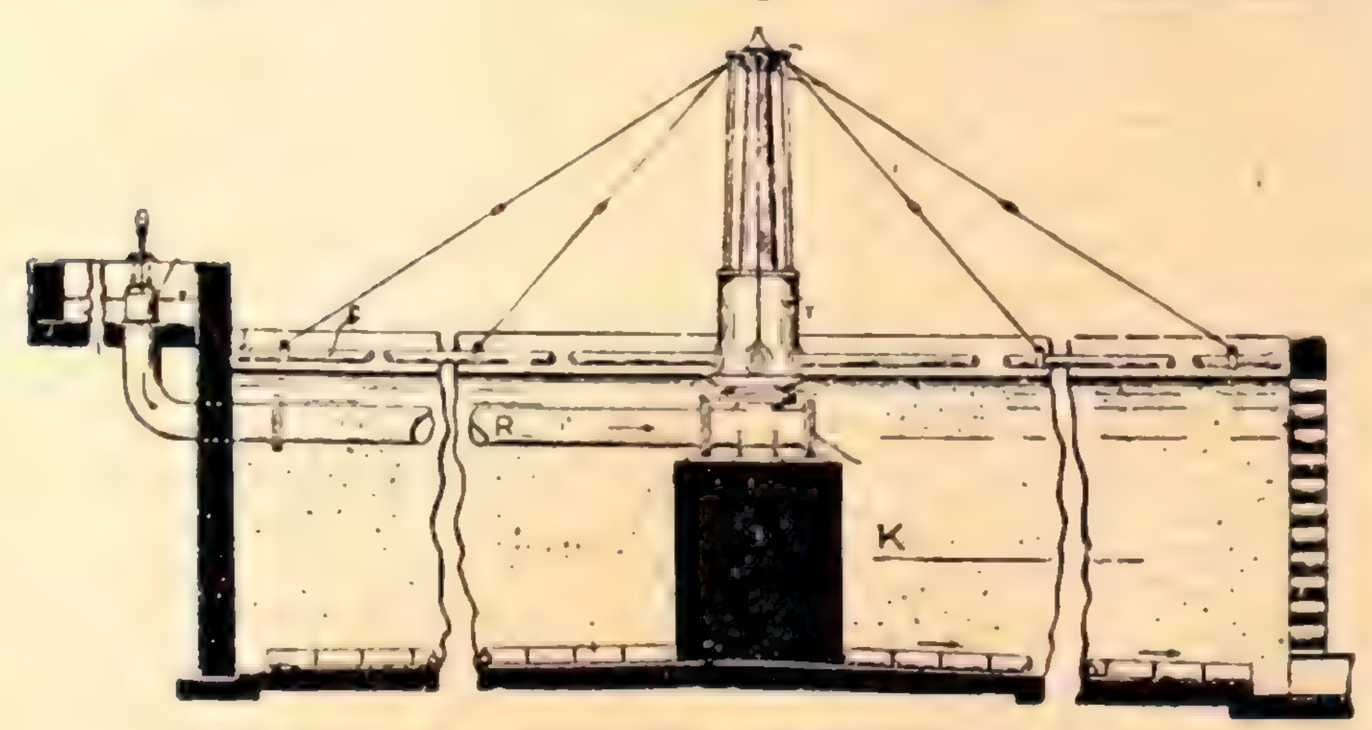
опущенной в желоб, наполненный маслом. В нижней части питательного резервуара помещен ртутный затвор, высотой в 6—10 *см*, который вследствие удельного веса ртути, превышающего в 12 раз вес воды, может уравновешивать столб воды в резервуаре в 0,72—1,2 *м*. При случайном превышении давления в резервуаре было бы возможно выдавливание ртути из затвора и излияние ее на поверхность окислителя. Для предотвращения этого в новейших конструкциях введено бронзовое кольцо в верхней части резервуара; кроме того, для ослабления трения, вращение нижней части резервуара производится по стальным шарикам. Независимо от этих приспособлений, при сильном притоке, сточная вода поступает чрез водослив и приводит в движение два вспомогательных распределительных рукава. На черт. 278 показана полная установка оросителя сист. Candy-Whittaker с резервуаром для его питания на капельном фильтре.



Черт. 277.

От группы вращающихся оросителей резко отличается ороситель системы Фиддиан (Fiddian), где для его вращения использована сила падающей воды.

Ороситель системы Fiddian представляет собой верхнее наливное водяное колесо, диам. 25—30 *см*, в виде цилиндра с ковшами, сделанными по всей

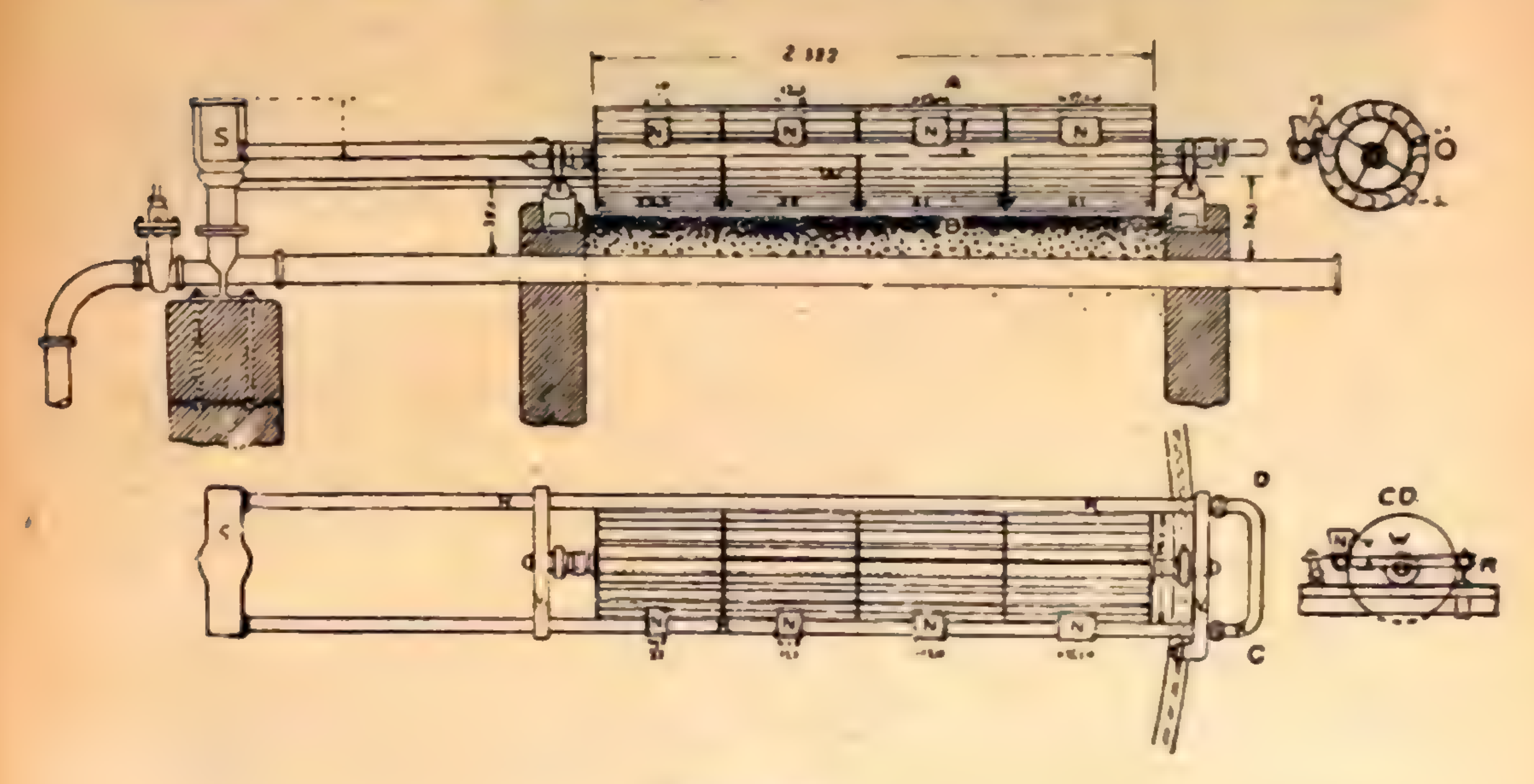


Черт. 278.

его производящей (черт. 278); один конец его прикреплен к центральному питательному резервуару S, который служит ему осью вращения, а другой

прикреплен к колесам, катящимся по рельсам, уложенным по наружным стенкам фильтра (черт. 279). Из центрального питательного резервуара *S* сточные воды поступают в горизонтальную трубу *R*, параллельную оси колеса Fiddian'a, которая на маленьких оросителях идет кругом колеса *A*.

На этой горизонтальной трубе чрез известные промежутки устроены особые сосудики *N* в виде конических патрубков с водосливами, чрез которые вода изливается в ковши колеса, вследствие чего происходит их поворот, а следовательно, и постепенное вращение всего колеса Fiddian'a. Ковши по длине колеса разделены перегородками, благодаря чему получаются отделения, из коих каждое обслуживается своим сосудиком; ширина водосливов в отделениях возрастает по мере удаления от оси вращения. Из этого описания мы видим, что интенсивность вращения

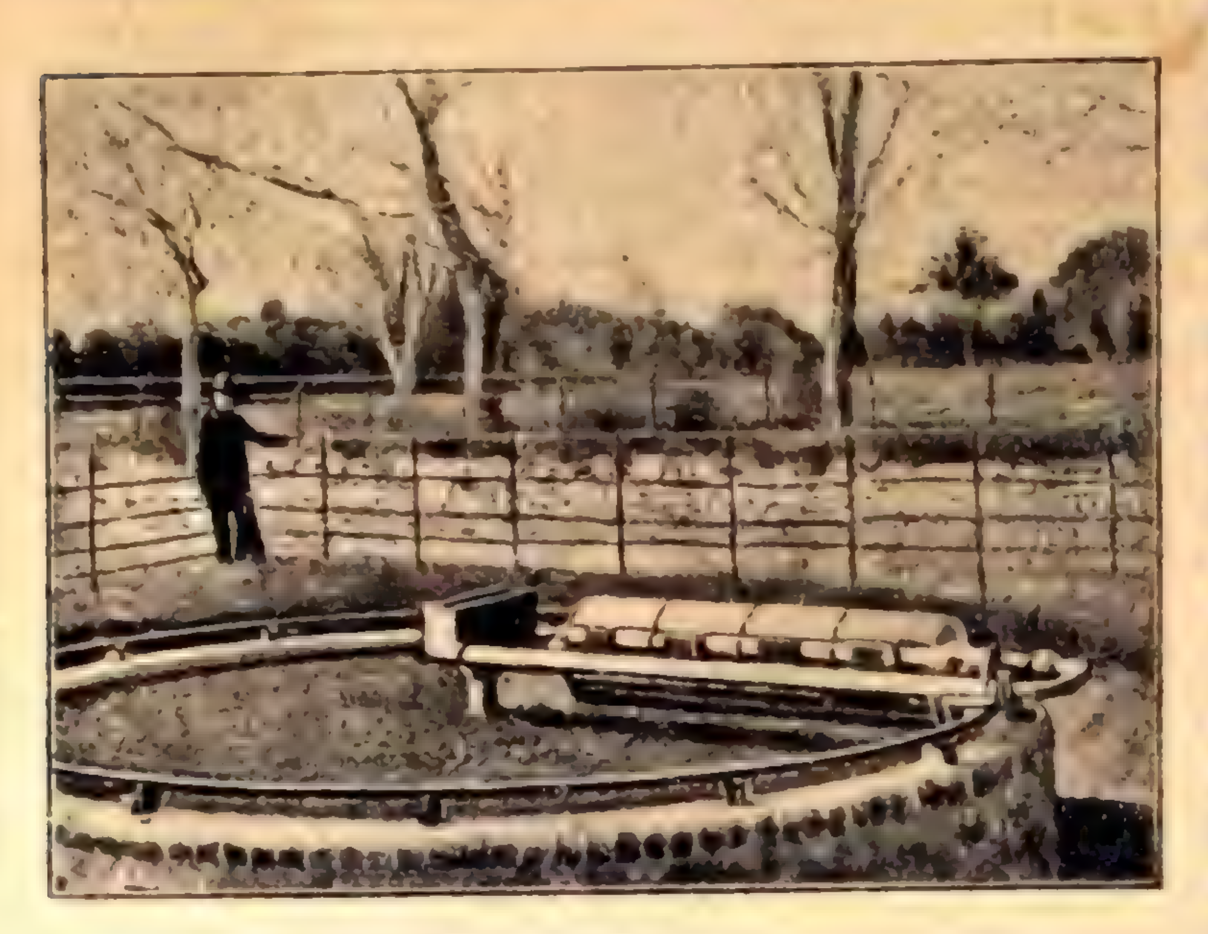


Черт. 279.

оросителя Fiddian'a зависит от количества и напора поступающей воды; при отсутствии притока он совершенно останавливается. Для движения оросителя Fiddian'a требуется напор в 0,40—0,45 *м*, имеющийся между поверхностью окислителя и сооружением для предварительной обработки сточной воды. Для маленьких фильтров с диаметром не более 9 *м* применяется одиночное колесо Fiddian (черт. 280). Для фильтров с диаметрами от 9—16 *м* употребляют двойные колеса Fiddian'a.

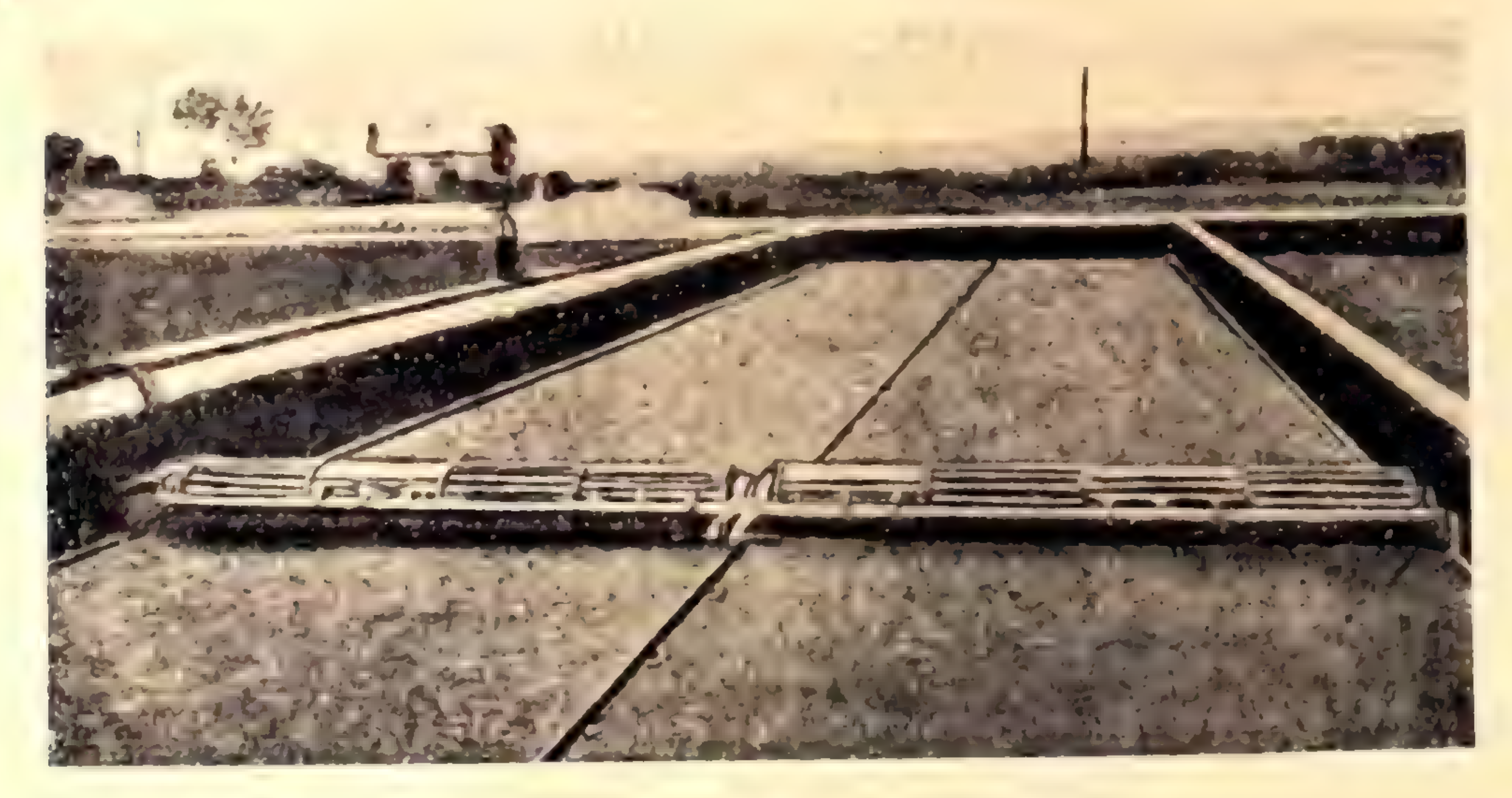
В этом случае колеса имеют только на внешней половине своей длины сточные ковши, а на внутренней половине устраиваются колесики с промежутками между ними, при чем промежутки одного колеса орошаются колесиками другого. Это сделано с целью урегулировать распределение, которое при таком устройстве делается равномерным. Для больших фильтров диаметром от 18 до 36 *м* применяют ороситель из трех колес Fiddian.

К достоинствам оросителей сист. Fiddian'а следует отнести, что их работа не нарушается действием ветра при нормальном притоке сточных вод и при сильных морозах (20—25° С).



Черт. 280.

Все вращающиеся оросители пригодны только для распределения сточных вод на поверхности круговых или восьмиугольных капельных фильтров. Для прямоугольных фильтров пользуются передвижными оросителями другой конструкции, которые ходят взад и вперед по поверхности окислителей. К этой группе следует отнести, прежде всего, ороситель системы Fiddiàn (завода Ham, Baker and C-e) (черт. 281). В этом типе питание водой оросителя производится из



Черт. 281.

открытого желоба, в который опущен сифон, непосредственно связанный с трубами, параллельными оси оросителя и расположенными с обеих его сторон. При движении в одну сторону изливаются сточные воды на половину лопаток оросителя и заставляют его передвигаться в определенном направлении, при чем для облегчения передвижения

к концам его прикрепляются тележки, которые катятся по уложенным на стенках окислителей рельсам; при ширине окислителей больше 6 *м* укладывается по середине окислителя третий рельс. Когда ороситель дойдет до конца фильтра, то он ударяется о буфер, благодаря чему меняется распределение, т.-е. закрывается клапан, пускавший воду из желоба в правую питательную трубу, и открывается клапан левой питательной трубы. Тогда ороситель начнет двигаться в противоположном направлении, пока не ударится опять о буфер и начнет повторять свою работу. Благодаря разделению оросителя на отделения, из которых половина работает при прямом ходе, а половина при обратном, здесь не происходит перегрузки концевых частей фильтров, и, таким образом, поддерживается равномерное распределение.

Для приведения в действие некоторых типов оросителей (распылителей, вращающихся оросителей) необходим значительный напор, без которого они не могут начать свою работу; кроме того, периодическое питание окислителей повышает эффект очистки.

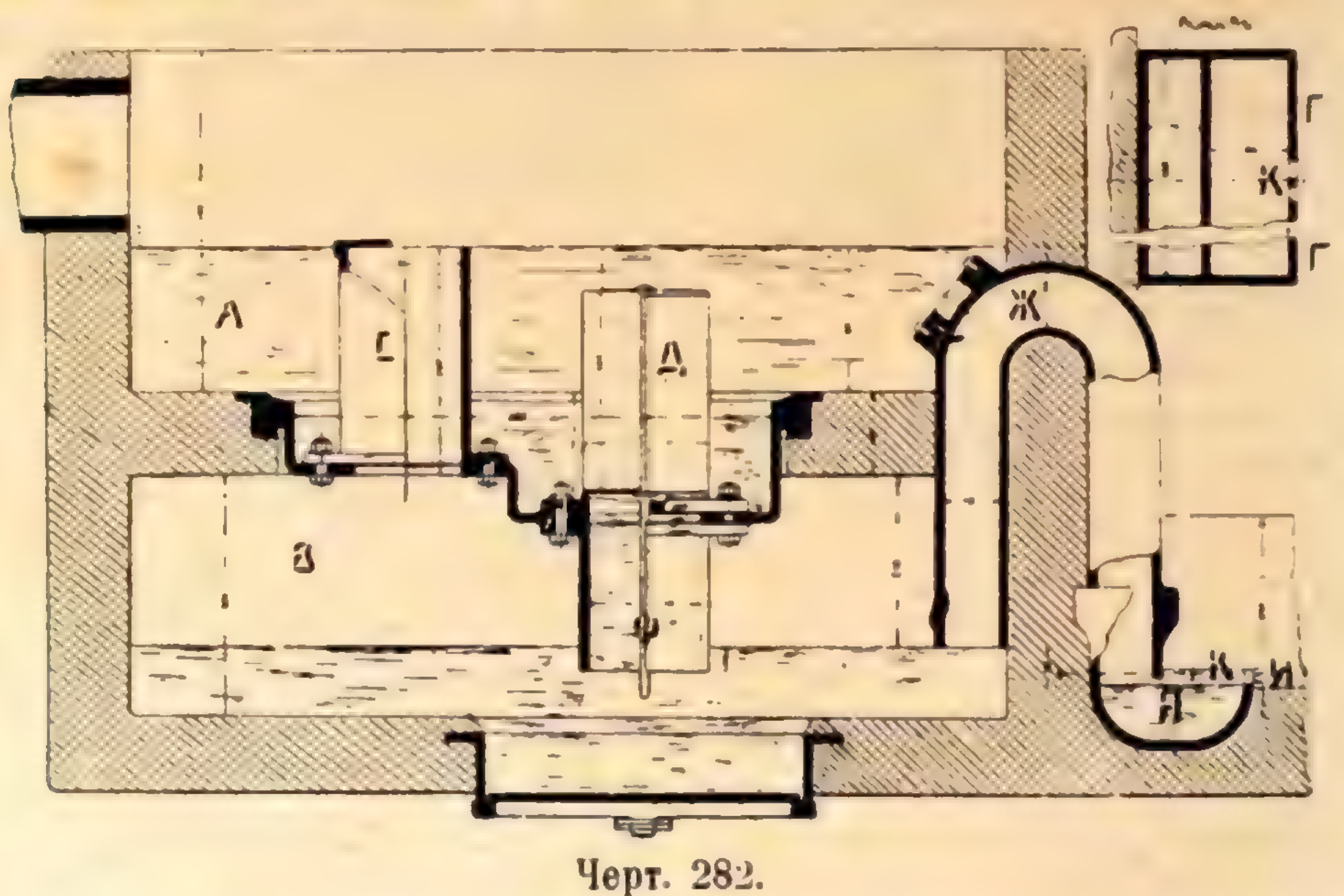
Для достижения этих целей прибегают к скоплению сточной воды в резервуарах и опорожнению скопленной воды в трубу, подводящую воду к оросителям. Такой способ эксплоатации имеет за собой преимущество в том, что более сильные потоки воды вымывают отложения в отверстиях распределительных труб или в насадках распылителей. Для движения распределителей различных систем изобретены многочисленные приспособления для быстрого опорожнения резервуаров для скопления воды, которые, кроме того, могут служить для измерения количества воды, и называются в этом случае измерительными камерами, для этой цели в камерах устанавливаются поплавки с автоматическими счетчиками, вычерчивающими диаграммы для наполнения камер.

Об'ем сборной камеры расчитывается в зависимости от количества воды, которое необходимо для приведения в движение питающихся из нее распределительных приборов в течение определенного промежутка времени.

Можно принять, что для неполной раздельной системы требуется от 1 до 5 минут. После скопления воды в мерных или сборных камерах последняя должна быстро опоражниваться в питательную трубу посредством автоматических клапанов или сифонов. Для небольших поселковых установок представляется использование сифонов (Дультона, Эдамса и др.). Из этих конструкций даем описание сифона русской системы Б. Е. Заславского, лишенного многих недостатков заграничных типов сифонов.

Сборная камера по этой системе имеет следующее устройство (черт. 282). Камера состоит из двух отделений *А* и *В*, при чем верхнее отделение снабжено переливной трубкой *С*, устанавливающей сообщение между обеими частями камеры. Кроме того, в дне верхнего отделения имеется отверстие, закрытое подвижным цилиндром *Д*, насаженным на ось *Г*. Из нижнего отделения выходит сифонная труба *Ж*,

снабженная на конце гидравлическим затвором *Н* с выступающим гребнем *И*; в гребне *И* сделано небольшое отверстие *К*. Когда начинает наполняться сточной водой верхнее отделение *А*, то цилиндр *Д* плотно закрывает отверстие *Е*. По достижении уровня переливной трубки *С* сточная вода начнет переливаться в нижнее отделение *В*; после заполнения водой отделения *В* цилиндр *Д* под давлением ее снизу приподнимается и открывает отверстие *Е*, после чего начинается выпуск воды из верхнего отделения. В этот момент сифон заряжается и опорожняет сборную камеру. Когда вместе с падением уровня жидкости в верхнем отделении цилиндр *Д* опускается, то его надежная посадка на седло обусловливается отсутствием давления в патрубке, который помещен под цилиндром в нижнем отделении *В*. Благодаря устройству гребня *И*, всегда образуются затворы *Н* в конце сифона, так как он подает больше воды, чем может ее пройти чрез отверстие *К*.



Черт. 282.

Количество сборных камер на очистной станции должно быть согласовано с числом фильтров и с колебаниями сточной воды. Если приток сточной воды на станцию подвержен незначительным колебаниям, то все же число с б о р н ы х к а м е р не должно быть м е н е е д в у х для предотвращения перерыва в работе станции.

Расположение дренажных каналов и в капельных окислителях может быть при прямоугольном очертании фильтров сделано по одной из схем, указанных на черт. 265. При круглом же очертании окислителей устройство дренажа может быть сделано двояко: сборный дренажный канал укладывается по периферии, а дно фильтра делается в виде конуса, по которому укладываются всасывающие дрены, или, наоборот, дно делается в виде обратного конуса, к центральному отверстию которого направлены все всасывающие дрены.

При укладке дренажных труб важно заранее принять меры к тому, чтобы их можно было бы промыть или прочистить. Это может быть вы-

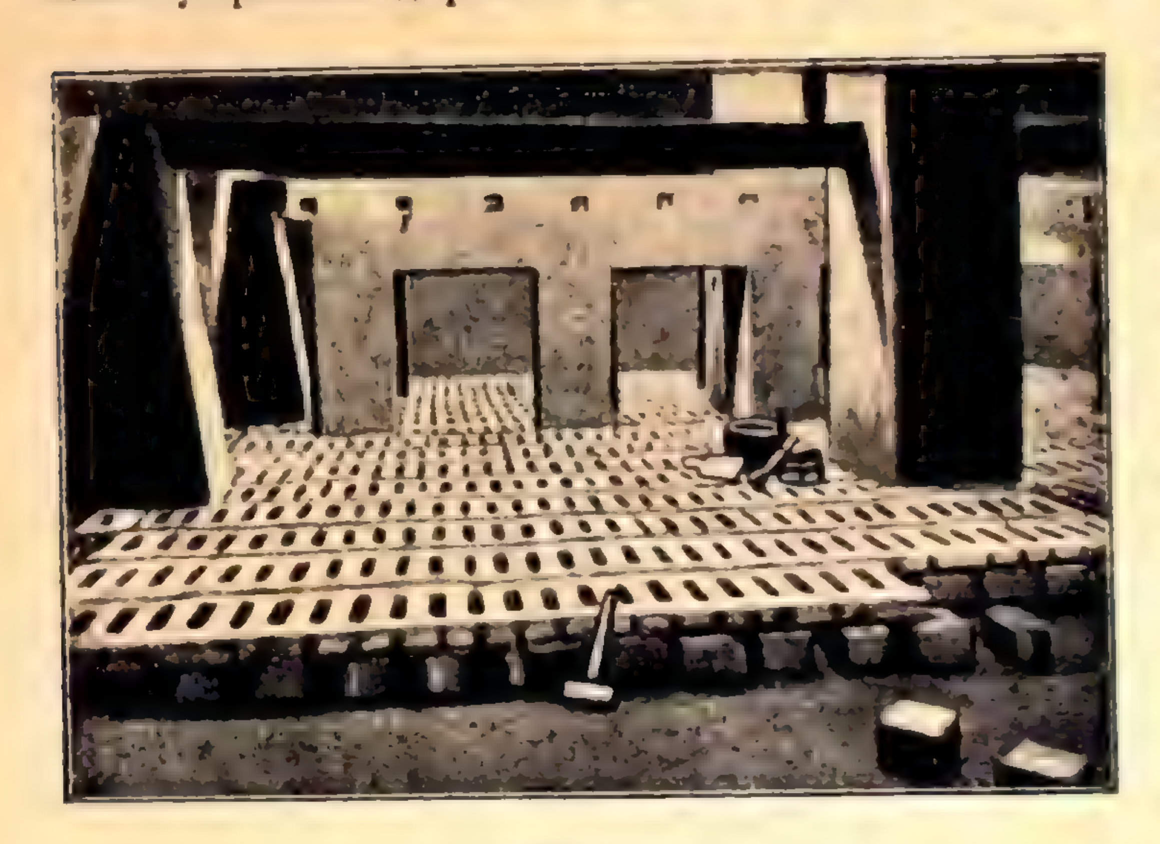
полнено только в подземных окислителях, где верховые концы дрен могут быть выпущены в наружные стенки фильтров, что является выгодным и в целях вентиляции фильтров. Уклоны дрен делаются не менее 1 : 100, а заполнение равным $^1/_2$.

Типы дренажных каналов в первоначальных установках капельных окислителей делались такими же, как и в заливных, но за последнее время эти конструкции вытеснены, в целях лучшей вентиляции окислителей новыми, в которых сеть всасывающих дрен заменена дырчатыми плитами или шашками, укладываемыми по непроницаемому дну фильтра. Благодаря такому устройству образуется второе дырчатое дно, на котором уже лежит фильтрующий материал.

Черт. 283

Простейший тип дырчатого пола заключается в выстилке непроницаемого дна кирпичом, подобно тому, как это показано на черт. 283. Этот тип является пригодным для небольших капельных окислителей.

Вместо сравнительно дорогих фасонных керамиковых труб и плит за последнее время стали устраивать дырчатый пол из бетона или железо-бетона. К таким конструкциям принадлежит устройство дырчатого дна из бетонных шашек сист. Александрова (черт. 284) или из железо-бетонных плит (черт. 285). Как шашки, так и плиты для образования дырчатого пола укладываются на столбики из бетона или кирпича. Применение железо-бетона является необходимым, если фильтры имеют значительную высоту.



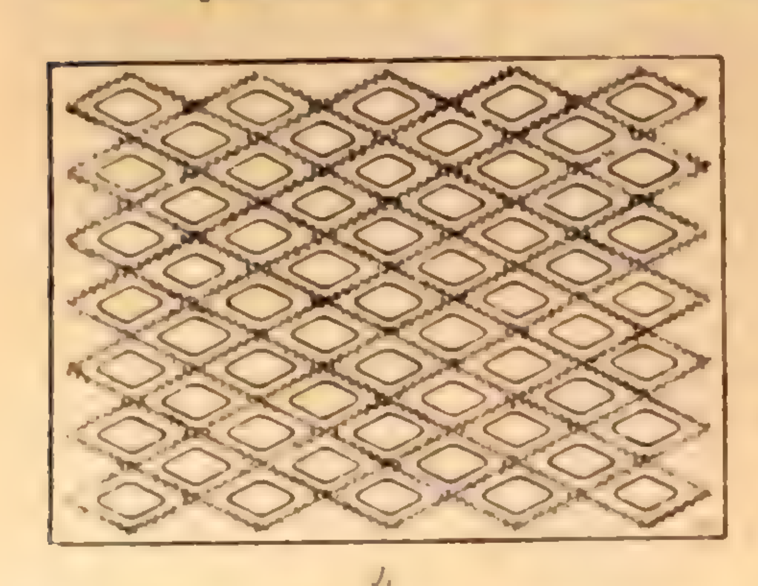
Черт. 284.

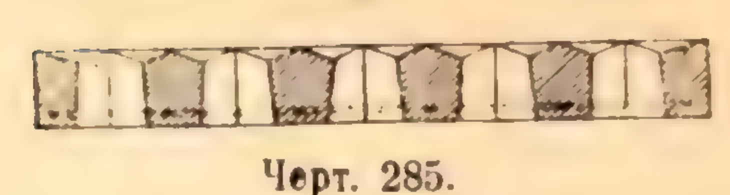
Для определения количества загрузочного материала для капельных фильтров поселков при неполной раздельной канализации можно пользоваться нормой проф. Тумма — 1,4 куб. материала (шлак, кокс) на 1 *куб. м* сточных вод. Но, принимая во внимание высокую концентрацию сточной воды при сравнительно малом потреблении воды в поселках СССР, осторожнее эту норму повысить до 2 *куб. м.* материала на 1 *куб. м.* сточных вод, в особенности при употреблении более дешевых материалов для загрузки (кирпичного или каменного щебня). Высота капельных окислителей

берется от 1,5 до 2,5 *м.* Зная кубатуру материала и высоту фильтров, мы легко получаем величину их полезной площади.

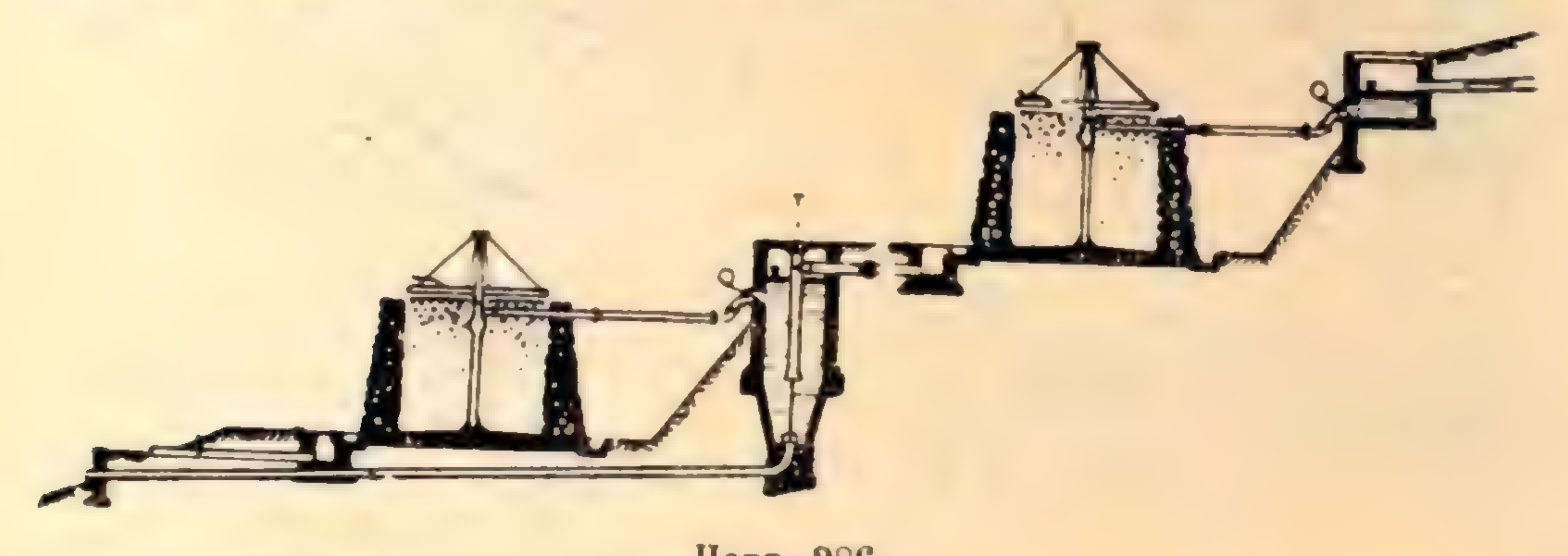
По мере службы капельные окислители заиливаются подобно заливным. Заиливание капельных окислителей зависит от тех же факторов, что и заливные (§ 91 этой же главы).

Так как употребляющийся для капельных окислителей материал имеет сравнительно с заливными большие размеры, то их заиление наступает медленнее. Разумеется, что на процесс заиления оказывает большое влияние способ предварительной обработки сточных вод. Пока загрязнение фильтров, у которых размеры зерен колеблются от 10 до 20 *мм.*, проявляется в поверхностных слоях окислителей на глубине 0,15—0,20 *м.*, полезно давать им короткий отдых. В случае же проникания примесей на большую глубину (0,40 *м.*), необходимо вынуть загрязненный слой и подвергнуть его промывке. При крупнозернистых окислителях промывка водопроводной напорной водой может легко удалить содержащиеся в них примеси, но и в этом случае полезно систематически каждое отделение выключать на известное время для отдыха. Это особенно удобно делать в ночное время, когда сильно падает приток воды. В это время можно ежедневно подвергать





Черт. 285.



Черт. 286.

отдыху любое из отделений фильтров. Кроме того, в целях устранения проникания загрязнений на большую глубину, необходимо заботиться о чистоте поверхностного слоя, удаляя все осевшие примеси регулярно, не менее трех раз в неделю.

§ 93. Двойная фильтрация для предотвращения запаха от капельных окислителей. При постройке капельных окислителей можно вместо одной ступени устраивать две ступени, при чем первая ступень делается из крупно-зернистого материала, а вторая — из мелко-зер-

чистого. Для предотвращения загрязнения поверхностных слоев капельных окислителей второй ступени, между первой и второй ступенью, устраиваются осадочные бассейны или колодцы. Разделяя весь определенный по нормам, приведенным выше в § 92, материал на две ступени, мы должны получить лучший эффект очистки, так как здесь фильтрационные слои имеют меньшую глубину, и наружная поверхность фильтров, через которую поступает воздух, увеличена.

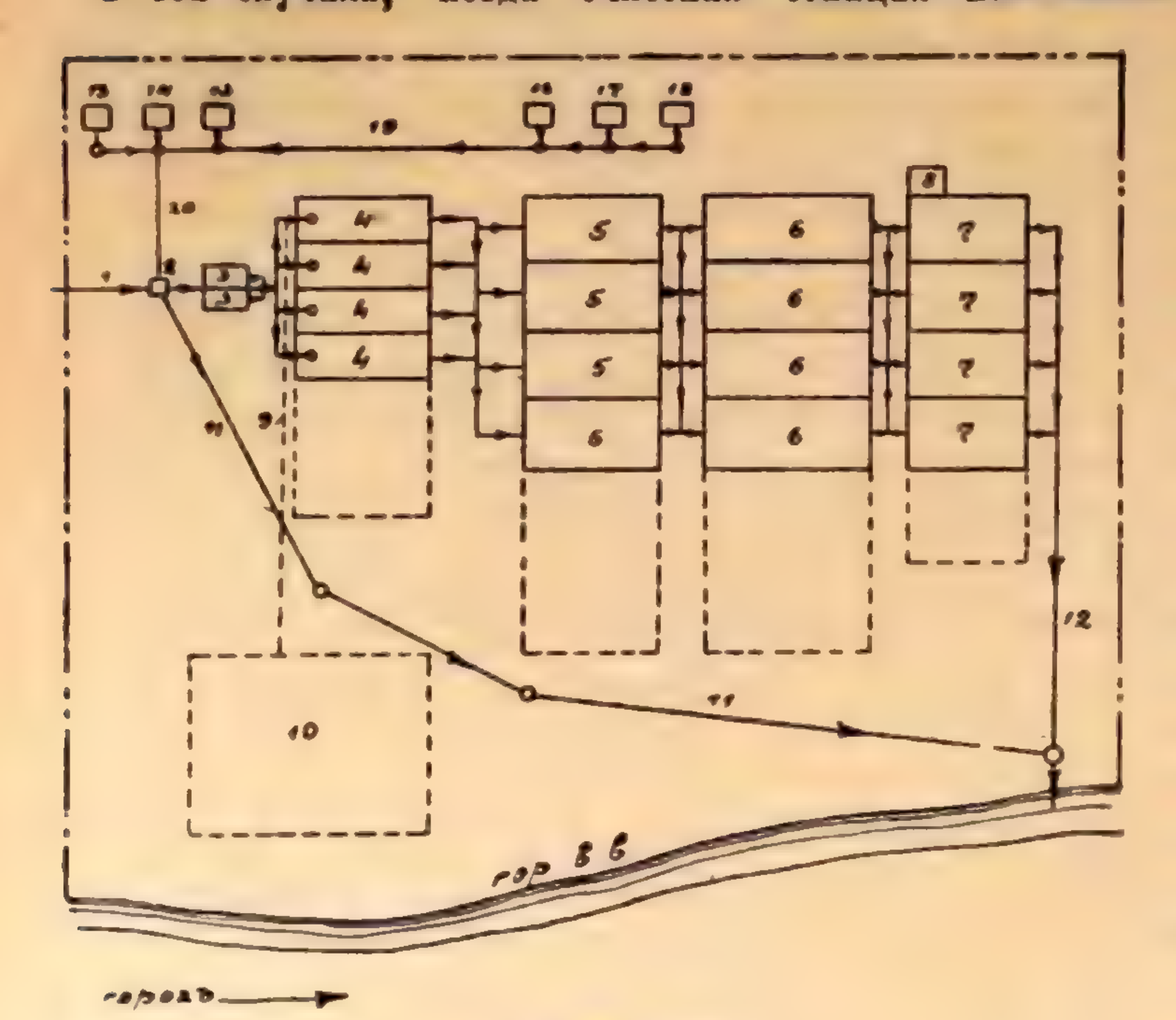
Также не требует никакого сомнения, что при устройстве двухступенчатых окислителей все расходы по постройке фильтров, за исключением загрузочного материала, почти удваиваются. Кроме того, при этом способе увеличиваются затруднения по подысканию участка земли для очистной станции с падением, достаточным для перехода окислителей из одной ступени через осадочные бассейны в другую. Вследствие этого, поневоле возникает вопрос, является ли целесообразным применение двухступенчатых окислителей в широком масштабе. Ответ на этот вопрос дает практика. Можно определенно сказать, что подобные установки встречаются только в виде исключения в тех случаях, когда этого требует состав сточной воды (значительные примеси промышленных вод), или же когда воды большого города выпускаются в очень маловодную реку.

Так, напр., двухступенчатые капельные окислители устроены для очистки сточных вод больницы в г. Бирмингаме (черт. 286), у нас в СССР двойная фильтрация нашла себе применение в Харькове и Симферополе, где выпуск очищенных вод производится в маловодные реки.

На всех биологических станциях с капельными окислителями при орошении их осветленными в сооружениях для предварительной обработки водами выделяются пахучие газы, которые, распространяясь на известном расстоянии от очистных станций, вызывают жалобы со стороны окрестного населения. Хотя эти газы и не оказывают, по наблюдениям автора, непосредственного вредного влияния на здоровье жителей, тем не менее их появление в воздухе является весьма неприятным для населения, которое в этих случаях не редко обращается к санитарным и административным властям.

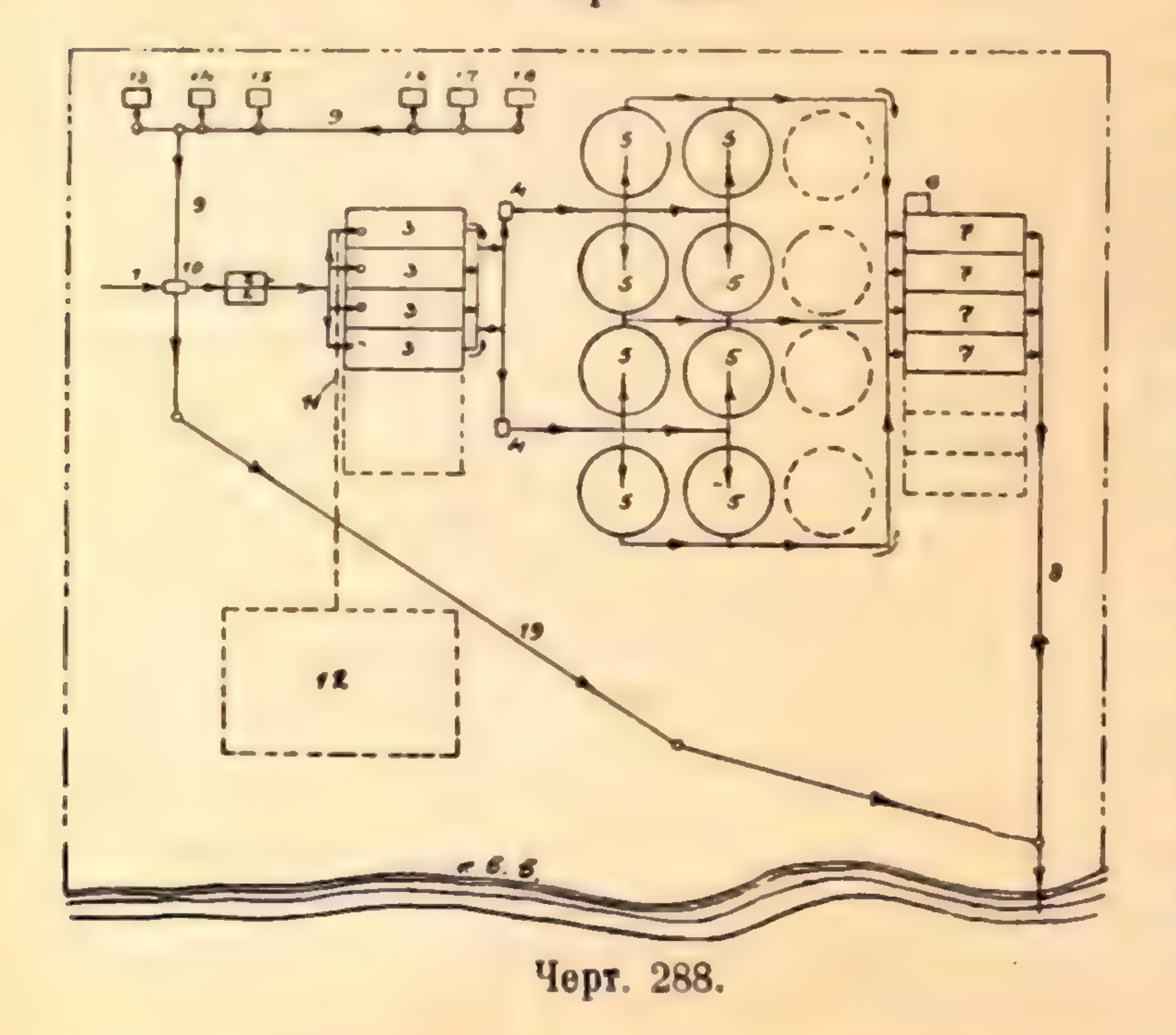
Появление пахучих газов в окружающем окислители воздухе зависит, главным образом, от способа предварительной обработки сточных вод. Если сточные воды пред напуском на окислители подвергаются обработке в загнивателях, то растворенные в сточных водах пахучие газы (сероводород, аммиак) при разбрызгивании сточных вод на поверхности окислителя - распылителя и вращающимися оросителями легко выделяются в атмосферу. Количество выделяющихся пахучих газов возрастает, если загниватели не имеют вентиляционных труб для их отвода, и если в сточных водах содержится много промышленных вод (в особенности вод красильных фабрик и кожевенных заводов). Этими явлениями об'ясняется, что сначала вместо загнивателей на новых очистных станциях применяли осадочные бассейны и колодцы. Затем же, когда выяснилось, что при механических методах очищения не устраняется гнилостный характер осветленной в них воды, начали применять такие сооружения для предварительной обра-

ботки, в которых бы достигалось отделение свежих вод от загнивших. Помимо изменений в методе предварительной обработки, в тех случаях, когда очистная станция намечалась вблизи поселений, вместо капельных фильтров, применяли заливные, закрывая окислители первой ступени досками. Наиболее практичным является сплошная обсадка очистных станций высокими хвойными деревьями, которые и в зимнее время не утрачивают способности к дезодоризации.



Черт. 287.

§ 94. Биологические очистные станции. Современные биологические очистные станции должны состоять из песколовок, сооружений для предварительной обработки воды, сооружений для напуска воды на биологические фильтры, заливных или капельных окислителей и сооружений для окончательной обработки или дезинфекции воды, если в последних имеется надобность по местным условиям. В виду обязательного включения в схему станций очистных сооружений для предварительной обработки воды необходимо при проектировании станций обдумать и способ обезвреживания осадков и, сообразно роду способа, отвести соответственные территории или особое помещение.



Черт. 288.

Если сточные воды подаются на очистные станции насосами, то песколовки выпадают из схемы станции. Схема станции с биологическими заливными окислителями показана на черт. 287, а с капельными — на черт. 288, на обеих схемах имеются ливнеспуски и ливнеотводы, ненужные при применении раздельной системы.

Все основные сооружения, входящие в состав очистной станции, должны быть, по крайней мере, сделаны двойными. На биологических очистных станциях желательно устроить лаборатории для производства химических и бактериологических анализов как необработанной сточной воды, так и воды, прошедшей последовательно чрез различные очистные сооружения.

При постройке очистных станций по экономическим соображениям не следует осуществлять станции на весь расчетный период (20—25 лет), а лишь на первые 5—6 лет, оставляя для дальнейшего развития станции лишь необходимые площади. Для вывоза осадков или сделанных из них брикетов со станционных территорий необходимо прокладывать дороги и рельсовые пути; для сообщения между отдельными частями станций устраиваются тротуары. При неблагоприятных местных условиях во время поднятия высоких вод в реке очищенные воды не могут спускаться самотеком в водные протоки. В этих случаях на станционных территориях устраивают насосные станции со сборным колодцем, в который притекает очищенная вода, и откуда выкачивается по напорной трубе в реку.

Как сооружения, входящие в состав очистных станций, так и другие здания и дороги желательно освещать электричеством. Установка динамомашин делается в том же здании, где сконцентрированы и другие механические двигатели (для прессования осадков, для под'ема воды). При близости очистной станции к городу электричество может доставляться из городской кабельной сети.

ГЛАВА XXV.

Очистка сточных вод активным илом.

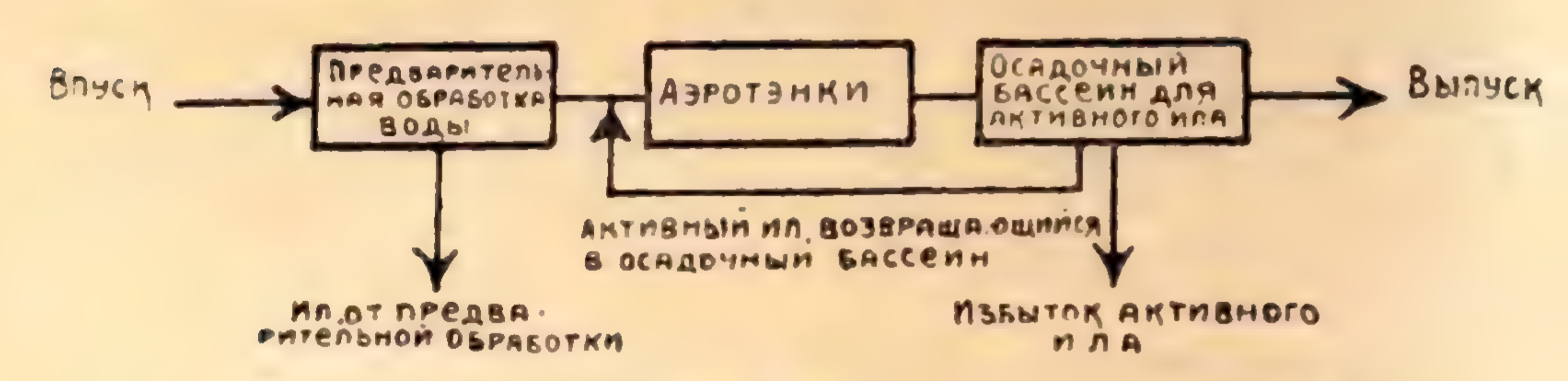
§ 95. Аэро-тэнки. Очистка сточных вод активным илом была впервые, в виде опытов, поставлена американским ученым Клэр (Clark) в Бостоне в 1912 г., но ея первая практическая установка была разработана английским специалистом Фоулер (Fowler) и его сотрудниками Ардерн (Ardern) и Локкет (Locket) в Манчестере в 1914 г. Схема Фоулера показана на черт. 289.

По этой схеме сточные воды последовательно проходят бассейны для предварительной обработки, бассейны для аэрации активным илом и бассейны для осаждения активного ила, откуда уже могут быть спущены в водный проток. Активный ил из последнего бассейна частью направляется в бассейн для аэрации в количестве 20% от количества сточной воды, частью же в количестве 2% выпускается на сооружения для обработки ила; также из

бассейна для предварительной обработки производится выделение осадков для их окончательного обезвреживания.

Под бассейнами для предварительной обработки обыкновенно разумеются осадочные бассейны, так как через них сточные воды протекают через 1—$1^1/_2$ часа. В них, разумеется, происходит выделение значительной части взвешенных веществ; если же осадочные бассейны устроить в виде загнивателей, то количество осадков там получится по нормам Имгофа в 0,2 лит. на человека в сутки с 80% содержанием воды.

Если же не иметь, подобно некоторым английским и американским установкам, бассейнов для предварительной обработки, а заменить их решетками и ситами, то количество осадков в бассейне для осаждения активного ила возрастет до 7 *лит.* на чел. в сутки вместо прежних 3 *лит.* Поэтому, нам для условий СССР представляется целесообразным всегда устраивать сооружения для предварительной обработки сточных вод.



Черт. 289.

Аэро-тэнки представляют главную часть очистной станции, где происходит выделение примесей содержащихся в сточных водах на хлопья активного ила, играющего в данном случае роль подвижного фильтра, что обусловливается, главным образом вдуванием в них под известным давлением воздуха.

Этот сжатый воздух в аэро-тэнках должен выполнить следующее назначение:

1) доставлять кислород для жизни развивающихся в аэротэнках микро- и макроорганизмов;

2) поддерживать хлопья активного ила во взвешенном состоянии, чтобы не давать им осаждаться на дне бассейнов;

3) обеспечивать постоянное соприкасание между взвешенными веществами и хлопьями активного ила с тем, чтобы дать последним возможность адсорбировать взвешенные вещества; для этого необходимо, чтобы взвешенные вещества и хлопья двигались друг другу на встречу.

Для первой задачи (снабжение кислородом микро- и макроорганизмов) требуется от 5 до 10% всего нагнетаемого в аэротэнки воздуха; остальное количество расходуется на поддержание примесей во взвешенном состоянии и на обеспечение их тесного соприкасания. Общее количество воздуха,

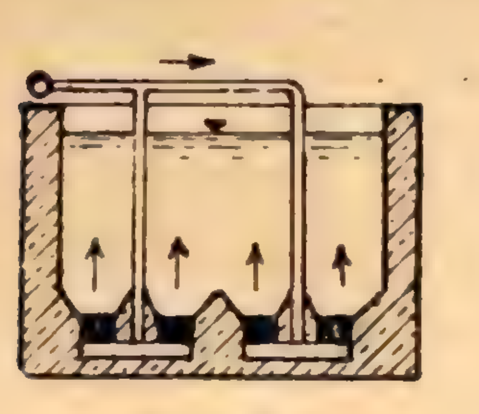
потребного для аэротэнков, определяется по норме 10 *куб. м* на 1 *куб. м* сточных вод.

В настоящее время применяются две системы аэротэнков с вдуванием в них воздуха:

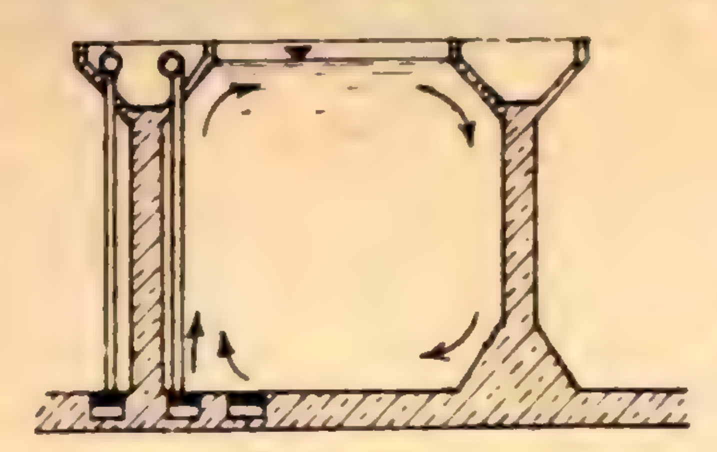
1) Аэро-тэнки сист. Фоулера (в наст. время эксплоатируемые обществом Activated Sludge, London), которые представляют собой бассейны с дном, сделанным в виде воронки; в дне устроены пористые кварцевые пластинки для нагнетания через них сжатого воздуха (черт. 290). Эти фильтрационные пластинки занимают около $^1/_6$ общей площади дна. По этой системе устроено много аэро-тэнков в Англии и С. Ш. С. А. (напр. Милльуоки).

2) Аэро-тэнки сист. Хэрда (Hurd), в которых сжатый воздух вводится с одной стороны бассейнов (черт. 291).

Благодаря такому способу введения воздуха через пористые пластинки, сточные воды медленно перемещаются по спирали вдоль продольной стены бассейнов. У дна бассейнов сточные воды приобретают скорость



Черт. 290.



Черт. 291.

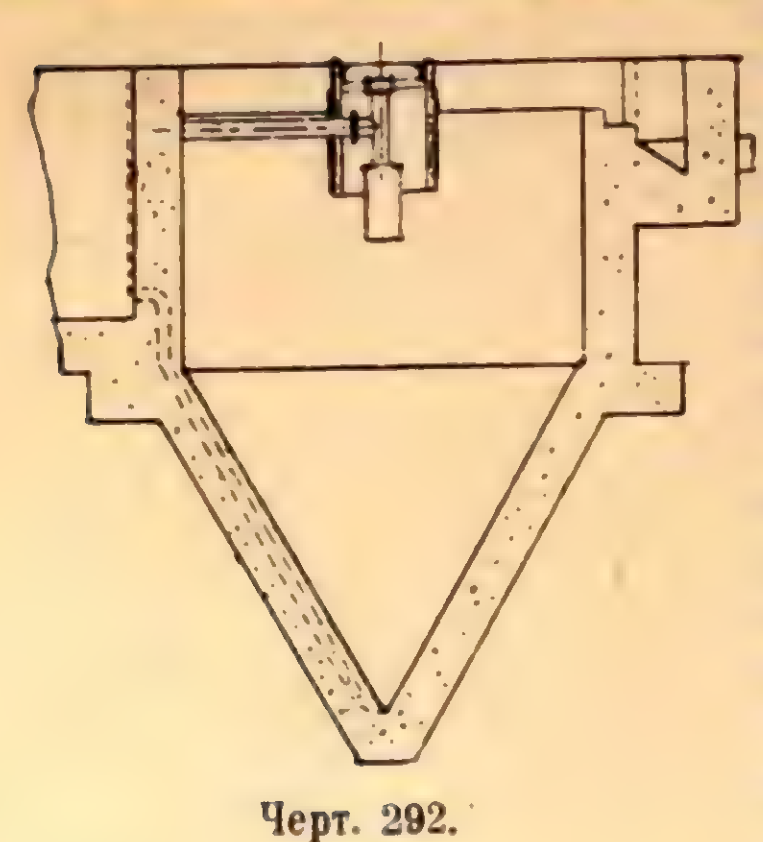
около 0,5 *м/сек.*, при которой невозможно оседание содержащихся в них примесей. В аэро-тэнках Хэрда достигается около $^1/_3$ экономии в расходовании воздуха сравнительно со способом Фоулера. Наиболее крупная станция по системе Хэрда пущена в действие в г. Индианополисе (190000 *куб. м/сут.*) в 1925 г.

Глубина аэро-тэнков делается от 2 до 3 *м*, соотношение между шириной и длиной берется от 1:10 до 1:15. Размеры аэротэнков устанавливаются сообразно среднему расходу очищаемых сточных вод, периоду аэрации (от 4 до 6 часов) и количеству возвращаемой в аэро-тэнк очищенной, смешанной с активным илом воды (25—50%).

В целях пользования этими нормами, приведем численный пример. Требуется очистить в аэро-тэнках 1000 *куб. лит.* в сутки. При продувке их в течение 6 часов и добавлении 50% очищенной воды в аэротэнки должно вместиться $1{,}5 \times \frac{1000 \times 6}{24} = 375$ *куб. м*; при глубине аэро-тэнка в 2 *м*, его площадь $\frac{375}{2} = 187{,}5$ *кв. м* или 188 *кв. м*; при отношении 1:10 ширина будет $= 4$ *м*, а длина 47. Полученная таким образом общая площадь аэротэнков разбивается, в зависимости от

площади очистных бассейнов или колодцев для выделения осадков на отдельные части.

Размеры отстойников для выделения смеси осадков с активным илом определяются по известным формулам $Q = v\omega$ и $H = vt.\ 60$, где Q — количество отстаиваемой жидкости, v — скорость, необходимая для осаждения и равная по московским данным — 0,5 *мм/сек.*, t — число часов отстаивания = 1—2 часам. H на практике берется от 2 до 4,5 *м*; но под ней нужно разуметь только ту часть высоты отстойника, которая свободна от осадков. Дно отстойников устраивается в виде воронки со стенками, наклоненными к вертикали под углом в 60°, в целях более удобного сползания в нижнюю часть воронки и облегчения последующей откачки, или же оно делается плоским, но для удаления ила применяются механические спиральные скребки (Фиддлера, Кенди).



Черт. 292.

Из конструкций отстойников наиболее практичной является система Клиффорда (черт. 292). Здесь впуск воды из аэро-тэнка производится по трубе вертикальным отростком, заканчивающимся цилиндрической муфтой; эта труба, закрепленная в небольшом колодце, имеет верхнее отверстие открытым в целях надзора за правильностью ее действия. В трубах для перемещения ила должна быть скорость не менее 0,6 *м/сек.*

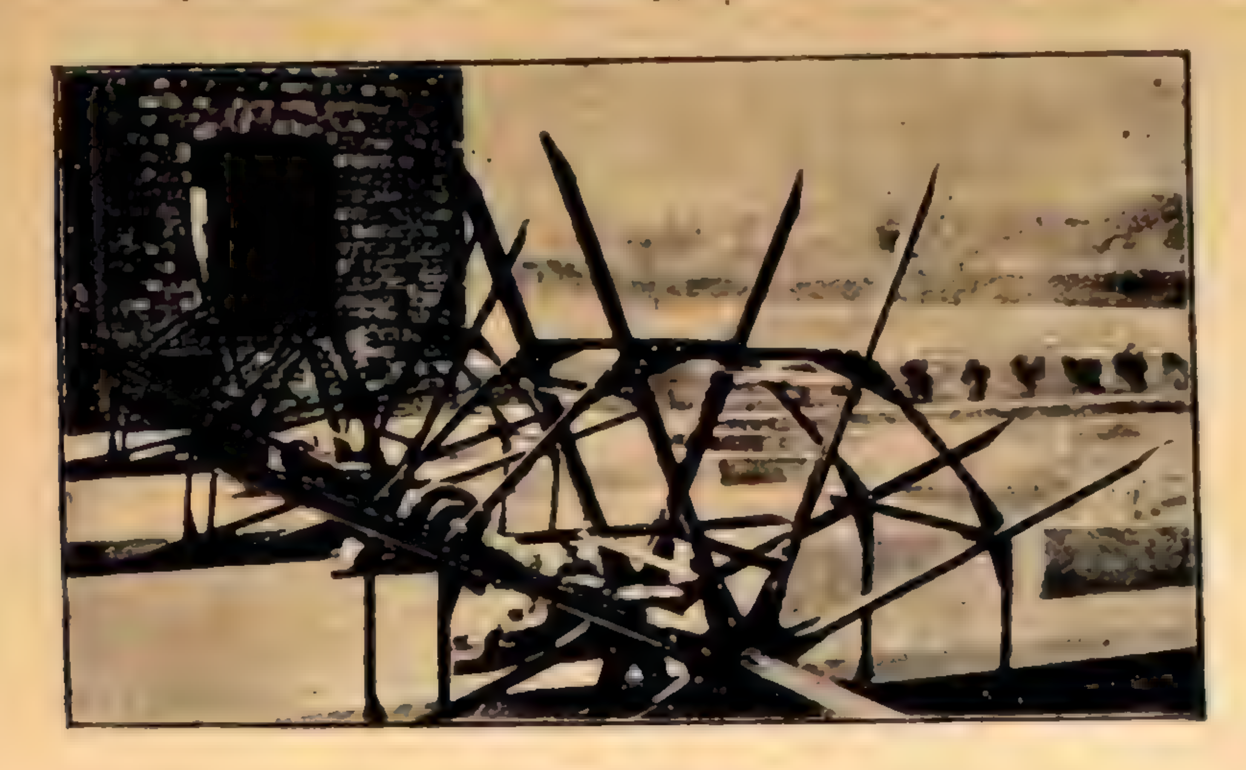


Черт. 293-а.

Помимо аэро-тэнков получили в Англии значительное распространение и механические способы аэрации сточной воды. В настоящее время различают две системы механической аэрации:

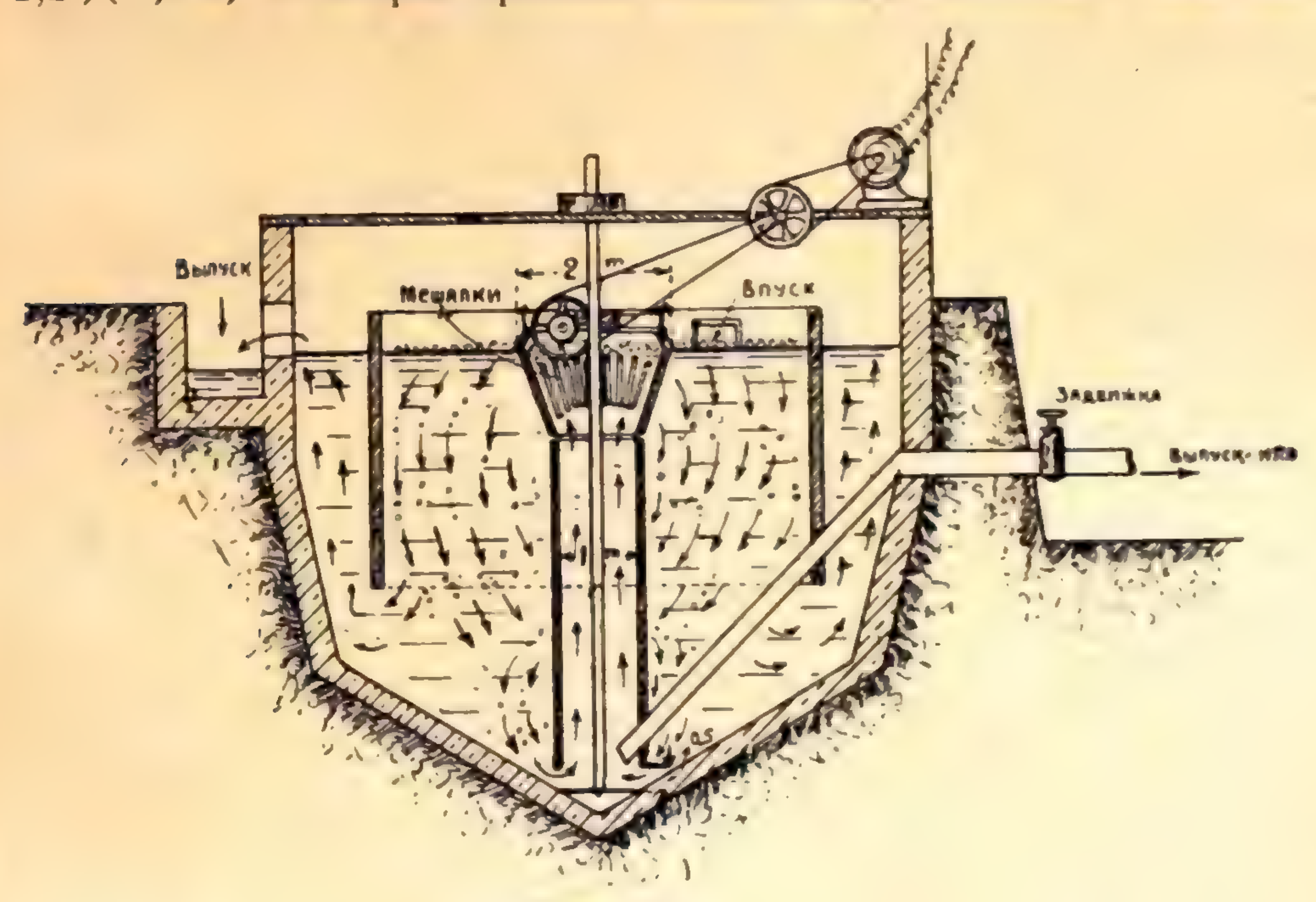
1) Систему Гауорэса (Haworth), получившую название биоаэрации в которой пополнение кислорода, расходуемого в процессе самоочищения сточной воды, идет за счет воздуха, соприкасающегося

с водой. Основная идея этой системы построена на изучении движения в горных реках с крутым дном, где происходит энергичное смешивание воды с кислородом воздуха. Конструкция биоаэротора примененного



Черт. 293-b.

в г. Шеффильде (черт. 293-a—b), состоит из 18 каналов, размерами 1,2 × 1,2 *м*, по которым протекает сточная вода, смешанная с активным



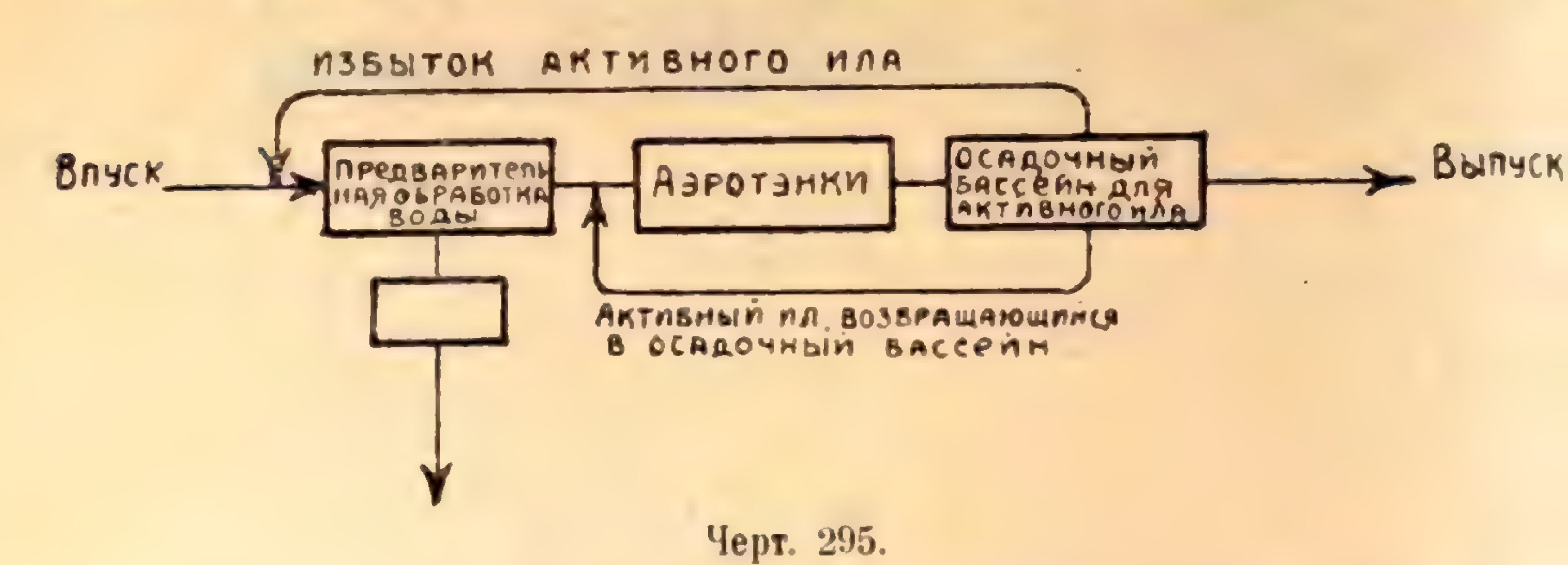
Черт. 294.

илом, со скоростью 0,5—0,55 *м/сек*. Общая длина всех каналов около 1000 *м*.

В начале каждого из этих каналов установлено полупогруженное колесо с лопатками (15 оборотов в минуту), которое своим движением

поднимает и разбрызгивает сточную воду, и тем самым насыщает ее воздухом. Колесо с 8 лопатками диам. 3 *м*, вращается электромотором, общая мощность которого в Шеффильде 20 лош. сил достаточна для приведения в движение всех 18 колес; кроме рабочего лектромотора имеется еще один запасный в 20 лош. сил. Из этих каналов осветленная сточная вода поступает в отстойник для осаждения активного ила, выкачиваемого из отстойника центробежным насосом.

2) Систему „Симплекс" или систему поверхностной аэрации Болтона (Bolton), заключающуюся в устройстве глубоких круглых резервуаров с конической частью и различными приспособлениями, вводящими в них воздух. Конструкция этих резервуаров, устроенных в г. Бэри, показана на черт. 294. В центре этого резервуара установлена труба диам. 1 *м*, не доходящая до дна на 0,15 *м*; верхняя часть этой трубы уширяется до 2 *м*. В расширенной части этой трубы быстро вращается конус с лопатками, приводимый в движение электро-



Черт. 295.

мотором (до 3 лош. сил на 1000 *куб. м.*) Вследствие вращения конуса по трубе происходит восходящее движение сточной воды, энергично вспениваемой на поверхности; вместе с тем сточная вода опускается вниз по удлиненному спиральному пути и вновь поднимается по трубе. Благодаря такому движению создаются условия для энергичного перемешивания сточной воды с активным илом и насыщения ее воздухом.

Далее смесь из активного ила и сточной воды поступает в наружную кольцевую часть бассейна, откуда после осаждения активного ила вытекает в отводной канал.

Оба способа механической аэрации вследствие непрерывного роста установок пользуются большим вниманием в Англии.

У нас в СССР аэротэнки построены для рабочего поселка при электрической районной станции Каширстроя в Московской губ.

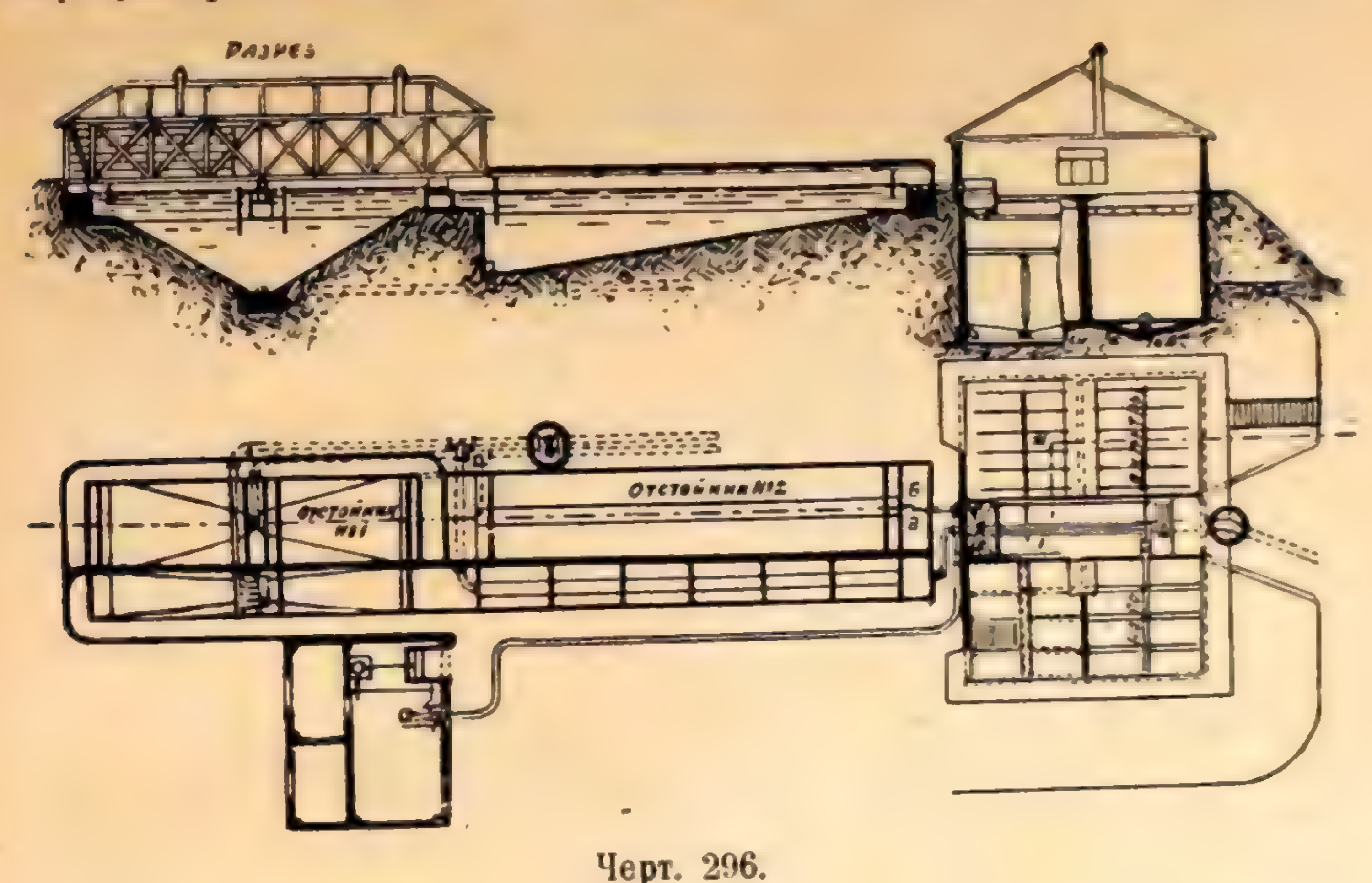
Заканчивая изложение способа очистки сточных вод в аэротэнках, мы считаем нужным сказать несколько слов об обработке осадков. С целью подвергнуть выпускаемый из осадочного бассейна активный ил (в количестве до 1% от очищаемой жидкости) лучше всего подвергнуть по предложению Имгоффа выгниванию. Тогда схема, показанная на черт. 289, превратится в новую, где избыточный активный ил будет притекать в бассейн для предварительной обработки сточных вод и вместе

с осадками из этого бассейна будет стекать в специальный бассейн для выгнивания (черт. 295).

Этот способ в настоящее время испытывается в г. Эссен-Реклингаузене (Рурская обл.).

§ 96. Аэро-фильтры. Очистка сточных вод на аэро-фильтрах, заключающаяся в интенсификации работы биологических фильтров путем вдувания в них воздуха и разработанная московскими специалистами, вылилась в форму приспособления старых биологических станций к новому методу или постройки новых станций с аэро-фильтрами.

Основания, выработанные московскими опытами для проектирования аэро-фильтров, заключаются в следующем:



Черт. 296.

1) размеры зерен шлака для загрузки аэро-фильтров должны быть от 5 до 15 *мм*; высота фильтра принята в 4 *м* с целью обеспечения растворения кислорода в текущей чрез фильтры жидкости;

2) интенсивность аэрации сокращается от 2 до 4 *куб. м* на 1 *куб. м* сточных вод (не в час, а в промежуток времени от 10 до 30 минут);

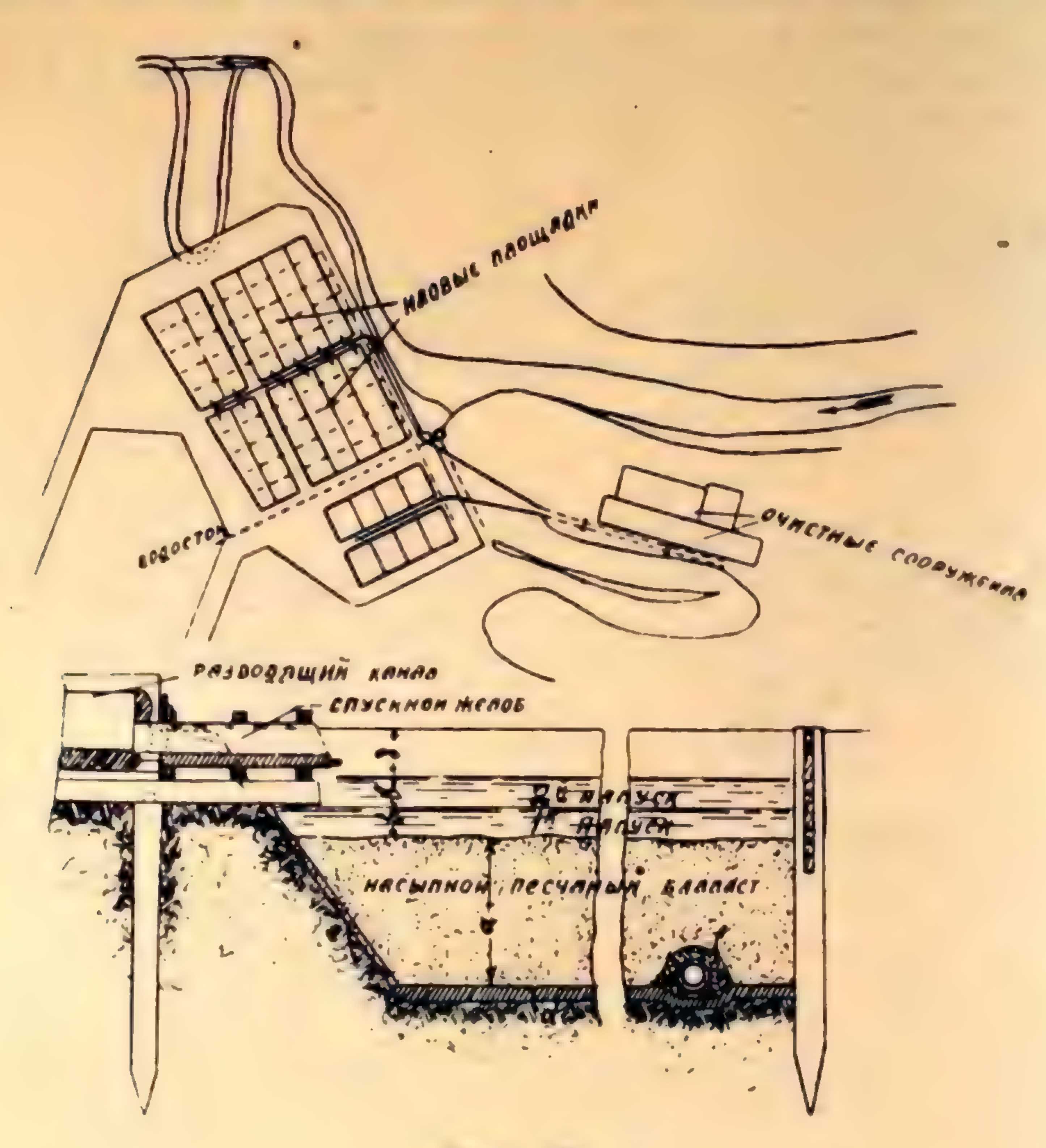
3) нагрузка сточных вод на аэро-фильтры, зависящая от степени их предварительной обработки, от их состава и др. факторов, определяется в 4 — 6 *куб. м* на 1 *куб. м*, что при высоте аэрофильтров в 4 *м*, дает от 1 до 1,5 *куб. м* на 1 *кв. м* поверхности фильтра;

4) подача воздуха в аэро-фильтрах совершается под невысоким давлением (50 *мм* вод. столба) посредством сети дырчатых труб или каналов.

Эти основания были выведены из семилетних опытов в Москве (1916 — 1923 г.г.), произведенных Н. А. Базякиной и И. Г. Поварниным под руководством проф. С. Строганова.

На основании этих опытов в настоящее время разрабатываются проекты очистных станций для г. Москвы (12.000 *куб. м*) и Тулы, к постройке которых предполагается приступить в ближайшем будущем.

В качестве же примера станции с аэро-фильтрами приведем установку с аэро-фильтрами во владении фабрики „Высоковская Мануфактура" в г. Клине, представляющую собой переделку старой конструкции и предназначенную для обработкти 4.000 *куб. м сутки* (черт. 296).



Черт. 297.

Здесь для предварительной обработки применены бассейны Виаля, из которых сточные воды поступают на аэро-фильтры, высотой 4 *м*; об'ем фильтрующего материала в 6 раз больше максимального притока сточных вод на аэро-фильтры. Для обработки осадков очистной станции „Высоковской Мануфактуры" были устроены иловые площадки (черт. 297).

Здесь фильтрующим материалом служит слой песку и гравия a — толщиной около 1 *м*; b — высота напуска сточной воды около 0,3 *м*, d — изолирующие слои и c — дренаж. Нормой для расчета

иловых площадок в зависимости от степени обработки осадка на очистной станции можно принять по московским данным в 0,10 — 0,15 *кв. м* на 1 *куб. м* осадков; годичный кругооборот площадок колеблется от 3 до 6 заливок в год. Ширина отдельных площадок делается не более 5 *м*, а длина — 30 *м*.

Диаметр дренажных труб берется от 75 *мм* до 150 *мм*, расстояние между дренами делается от 2 до 4 *м*, уклон — 1%.

Удаление осадка с площадок производится посредством узкоколейных дорог; осадки утилизируются или для засыпки низин или отдаются крестьянам для удобрения огородов и полей.

Литературные источники:

1) **С. Н. Строганов.** — Обзор современного состояния очистки сточных вод посредством искусственной аэрации с активным илом, 5 — отчет совещания по очистке сточных вод в Москве, 1925.

2) **Инж. А. Попов.** — Новые методы очистки сточных вод и применение их в наших условиях, Строит. Промышлен., 1926.

3) **Imhoff.** — Fortschritt der Abwasserreinigung, 1925.

4) **H. H. Wagenhals. — E. A. Therriault and H. B. Hommon.** — Sewage treatment in the United States 1923.

ГЛАВА XXVI.

Окончательная очистка и дезинфекция вод. Очистка сточной воды в рыбных прудах.

§ 97. Окончательная очистка истока из биологических фильтров.

В очищенных на биологических фильтрах сточных водах всегда встречается известное количество нерастворенных примесей, которые состоят из минерализованных в окислителях примесей органического происхождения и продуктов размыва фильтрационного материала. Количество этих примесей, не превышающее 20 — 40% первоначального количества нерастворенных примесей, содержащихся в свежей необработанной сточной воде, бывает больше в истоке из капельных окислителей, чем из заливных, что легко об'ясняется употреблением для загрузки первых крупнозернистого материала.

Если исток из биологических фильтров получался незагниваемым, то его без всякого опасения спускали в водные протоки. Такой прием являлся вполне уместным, когда спуск очищенной на биологических окислителях воды производился в многоводные реки

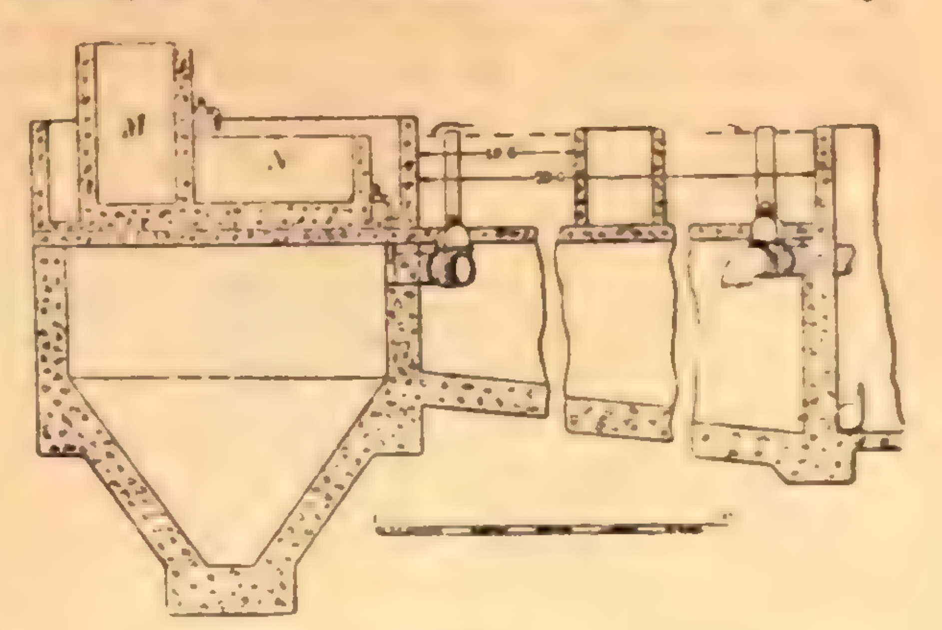
с достаточной самоочистительной способностью даже в тех случаях, когда очистка не была вполне закончена. Но когда спуск очищенной воды производится в маловодные реки, служащие источником водоснабжения для нижележащих поселений, содержащиеся в истоке из биологических фильтров нерастворенные примеси способны благоприятствовать развитию разнообразных макро- и микроорганизмов, которые, вымирая, разлагаются и переходят в гниение; этому особенно благоприятствует то обстоятельство, что нерастворенные примеси легко образуют в мелководных реках отмели, которые являются таким образом очагом для размножения макроорганизмов (водорослей, грибков), и протекания гнилостных процессов.

Поэтому пытались различными способами задерживать эти нерастворенные примеси, а вместе с ними и бактерии их до выпуска в маловодные протоки. Эти способы сначала были очень строгими, но постепенно вследствие различных затруднений связанных с их применением, видоизменялись и упрощались. Так, сначала было выставлено требование, чтобы все биологические станции имели для своего истока фильтрационные поля. Затруднения, связанные с приисканием земельных участков для устройства фильтрационных полей, привели к устройству дополнительных фильтров из мелкозернистого материала (шлака, песку) высотой 0,6 — 0,8 *м*, благодаря чему удалось сократить величину земельных участков в 5 раз. В дальнейшем же эволюция привела к замене фильтров осадочными бассейнами и колодцами, обычной конструкции. Скорость движения в бассейнах колеблется от 2 до 5 *мм*, а в колодцах от 0,5 до 1 *мм/сек.*; время пребывания в бассейнах от 1 до 3 час., в колодцах — от $^1/_2$ до 2 часов. Эффект осаждения в этих дополнительных установках колеблется от $^1/_2$ до $^2/_3$ их первоначального количества. Осадки из этих сооружений удаляются на сооружения для общей обработки на очистной станции.

§ 98. Дезинфекция очищенных сточных вод. Выпуск очищенных вод как из полей орошения, так и из биологических фильтров, аэро-тэнков и аэро-фильтров в водные протоки со строго гигиенической точки зрения может считаться нежелательным, так как в их фильтрате содержится много микроорганизмов. Эта опасность возрастает, если очищенные воды выпускаются выше водоприемника для нижележащего поселения. Также является небезопасным, если выпуск очищенных вод совершается в тех пунктах моря или лиманов, где производится морские купания, или где расположены устричные или рыбные ловли, так как возможно заражение чрез устрицы или рыб при потреблении их в пищу. Но особенно целесообразно стремиться к полной стерилизации очищенной воды во время эпидемий брюшного тифа, холеры и дизентерии. Способы стерилизации истока из естественных и искусственных биологических сооружений редко встречается на практике, в Европе, но они получили широкое распространение в С.-А. С. Ш., так как там водоснабжение большого количества городов основано на речной воде.

Способы дезинфекции очищенной воды.

Способы, которыми пользуются для дезинфекции сточной воды, можно разбить на две группы: термические и химические. Термические способы заключаются в обработке сточной воды кипячением под давлением при температуре 120° в котлах или в особых аппаратах для добывания аммиаку под действием серной кислоты. Но эти способы не являются пригодными для общей канализации поселка, вследствие их высокой стоимости; сферой их применения являются главным образом, сточные воды больниц для заразных болезней, но и в этом случае они вытесняются на практике химическими способами дезинфекции. В качестве реактивов употреблялись: едкая известь, кислоты, соли тяжелых металлов, озон и хлор. Из всех этих веществ на практике за последние 20 лет получили наибольшее распространение хлористые соединения вследствие своей дешевизны и своей интенсивной стерилизационной работы. Из этих соединений наибольшим распространением пользуется хлористая известь $C_2Cl_2O_2$, бактерицидное действие которой согласно многочисленных опытов было установлено в 99,96%. Количество же активного хлора (около 30% белильной извести), потребное для стерилизаций очищенной воды было установлено в 5 — 15 *мг* на 1 *литр* воды, что приблизительно соответствует пропорции белильной извести от 1 : 60.000 до 1 : 20.000.



Черт. 298.

Конструкция осадочного бассейна для дезинфекции очищенных сточных вод хлорной известью показана на черт. 298. Здесь *M* — резервуар для растворения дезинфектанта и *N* — резервуар для его дозировки, выпускная трубка которого впущена непосредственно во входную трубу бассейна; входная и выходная трубы дезинфекционного бассейна снабжены задвижками. Вместо этого устройства может с успехом быть применен и прибор д-ра Орнштейна для стерилизации газообразным хлором, описанный нами выше в Отделе Водоснабжения.

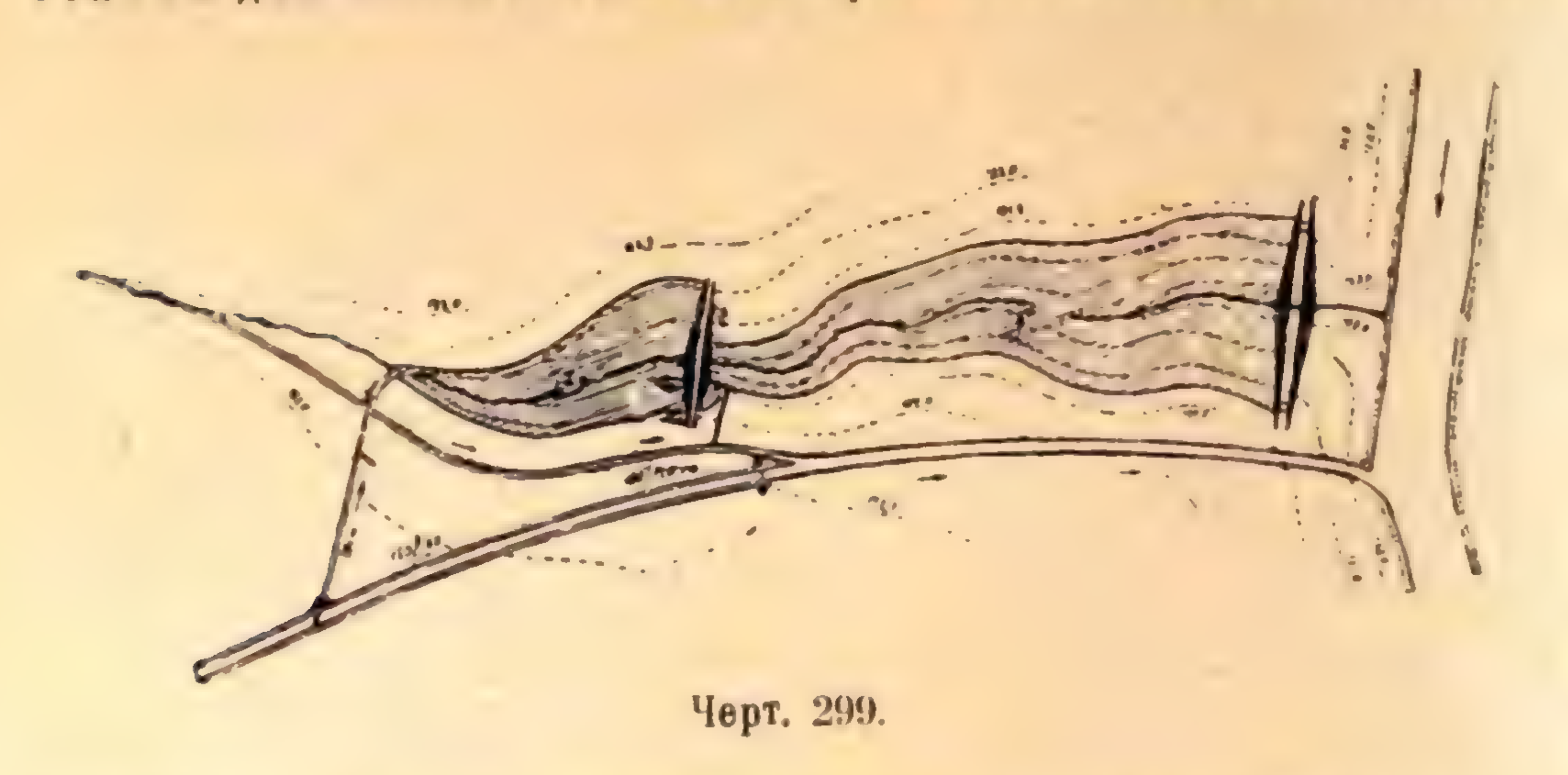
Разумеется и в этом случае в зависимости от степени очистки подлежащей стерилизации воды потребуется от 5 до 15 *мг* активного хлора.

§ 99. Устройство прудов для разведения рыбы. Рыборазведение давно практикуется на полях орошения (Москва), где для этой цели устраиваются пруды, заполняемые дренажной водой. Благодаря

разведению рыб в прудах подобного типа из дренажных вод оставшиеся после фильтрации чрез почву удобрительные вещества и микроорганизмы, исток из прудов становился прозрачным. Этот способ окончательной обработки истока, перекинулся и на биологические станции (Харьков), очищенные воды которых спускались в маловодные протоки.

Здесь также явилась полная возможность устраивать пруды для рыбы, так как доход с их продажи покрывал значительную часть расходов по устройству прудов. Так, проф. Hofer приводит данные, что с 1 *гкт* площади прудов в городе Pirmasens можно получить 500—750 *кг* рыбы, что обеспечивает доход в 300—350 рублей.

Но на этом этапе устройство рыбных прудов для сточных вод не остановилось. Оказалось вполне возможным устраивать пруды не только для истока из полей орошения и биологических



Черт. 299.

фильтров, но и для предварительно обработанной в осадочных сооружениях сточной воды. Известные немецкие специалисты Bohm и Linke предлагают для использования удобрительных веществ тип пруда, показанный на черт. 299. Пруд состоит из двух частей: первой, служащей для выделения нерастворенных и жировых примесей, и второй—для разведения рыб; обе эти части разделены между собой плотиной. Сточная вода, попадая из канала небольшого сечения в первый пруд, оставляет в нем значительную часть нерастворенных примесей; здесь же, благодаря незначительной скорости происходит всплывание жира на поверхность воды. Пруды *V* и *F* имеют соединительные трубы, концы которых опущены на глубину 0,5 *м* в воду и защищены перегородками; этим достигается защита труб от засасывания жиров. В пруде разводятся карпы, лини, щуки и пр.

Этот метод был более подробно разработан опытами проф. Hofer, произведенными в течение 3 лет в городах Мюнхене и Страсбурге. Опытные пруды в г. Страсбурге расположены между каналом Рейна, Морной и р. Илль. Вода в эти пруды притекает из городской очистной станции, где сточные воды сначала пропускаются чрез сита с решетчатыми черпаками сист. Geiger, а затем уже поступают

в осадочные бассейны обычной конструкции. Подготовленные таким образом сточные воды до поступления в пруд смешиваются с двойным или тройным количеством воды из канала Морны, и затем чрез ряд деревянных желобов вливаются в пруды, общая площадь которых равняется 2,90 *гкт.* Количество сточной воды, которое спускается в опытные пруды, получается от 6.000 жителей, что дает для 1 гектара поверхности пруда норму в 2.000 жителей. Осветленные сточные воды пребывают в прудах около 20 — 30 дней. Глубина прудов в целях лучшего протекания лучей солнца делается незначительной; 0,30 *м* у берегов, 0,50 *м* по середине и 1 *м* при выпусках. В устроенных таким образом прудах разводят карпов, линей, окуней и щук. Кроме этих представителей фауны в прудах разводят рачков, дафнии, циклопов, двухстворчатых моллюсков и улиток. Сверх того в прудах произрастают как на поверхности, так и под водой различные виды растений; из подводных растений хорошо развиваются роголистник и перистолистник. Для того, чтобы пруды не зарастали ряской, препятствующей прониканию солнечных лучей в глубину прудовой воды, напускают на поверхность прудов уток (в количестве 100 — 130 штук на гектар), уничтожающих водяную растительность. Для использования растущей по запрудам травы разводят кроликов, которых держат в клетках и питают этой травой.

Вытекающие из рыбных прудов воды имеют вполне удовлетворительный состав: окисляемость понижается на 88%, а органический азот уменьшается на 80%; содержание кислорода колеблется от 5 до 7 *куб. см* в литре, уменьшение количества бактерий доходит до 99,9% их первоначального количества. Таким образом в способе проф. Хофера с замечательным искусством использовано существование различных представителей фауны и флоры для обезвреживания сточной воды.

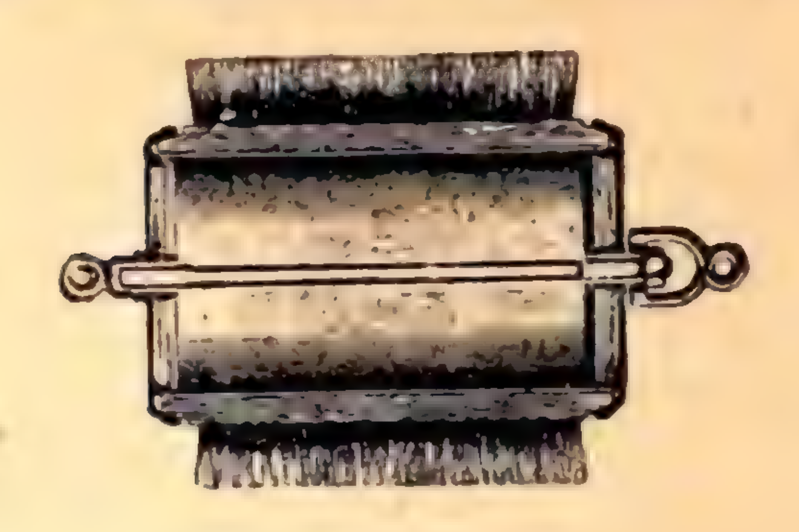
ГЛАВА XXVII.

Эксплоатация канализации. Строительная стоимость канализации поселков и эксплоатационные расходы.

§ 100. Эксплоатация канализации. Мероприятия, которые надлежит проводить при эксплоатации канализации поселков заключаются в надзоре за работой водосточной сети и ее очистных сооружений. Одной из первых забот является регулярная промывка слепых концов и других частей сети, в особенности в первые годы действия канализации. Но, вследствие некоторого отвердения прилипших к стенкам осадков или попадания в сеть крупных предметов, приходится прибегать к механической очистке каналов. Для прочистки труб небольших сечений, из которых по преимуществу состоит сеть поселковых канализаций,

протаскивают между смотровыми колодцами щетки (черт. 300) при помощи станков особого устройства, при чем сама операция по прочистке производится следующим образом. Сначала вводят узкую щетку, а потом уже щетку с размерами, соответствующими диаметру очищаемой трубы. Для провода щетки чрез трубу употребляют небольшой поплавок с привязанной к нему длинной и тонкой просаленной бичевкой; поплавок пускают из верхнего смотрового колодца в трубу и, усиливая его движение водой из поливного рукава, протаскивают его в нижний смотровой колодец, а затем, привязав к бичевке, протаскивают поплавок с щеткой в верхний смотровой колодец.

В числе способов для прочистки труб малого диаметра заслуживает внимания применение для этой цели ледяных шаров, испытанное в Московской канализации. Для этого берутся ледяные шары, изготовленные в металлической форме, диаметром на 2,5 — 5 *см* меньше, чем диаметр прочищаемой трубы. Шар, стесняя сечение, усиливает скорость



Черт. 300-а.



Черт. 300-b.

движения воды и проталкивает осадки к смотровым колодцам. При применении ледяных шаров не возникает опасности остановки в их движении, если бы в очищаемой трубе находились кости, тряпки и др. предметы, так как в таких случаях эти шары растают под давлением температуры сточных вод. Кроме того, этот способ отличается дешевизной: так, в Москве прочистка 2-верстной 30-сантиметровой трубы обошлась около 20 руб.

Из сооружений канализационной сети необходимо обращать внимание на регулярную промывку дюкеров, которые в противном случае могут легко засориться, а чистка их не всегда может быть удачной.

Для производства промывки и прочистки сети, очистки дождеприемников и пр. требуется создать кадры постоянных и опытных рабочих, которые могли бы в совершенстве изучить все особенности эксплоатируемой сети. Для этой цели канализационные рабочие делятся на артели, во главе которых следует ставить десятников (артельных старост); каждой артели предназначается определенная часть канализационной сети.

В случае устройства насосных станций для под'ема сточной воды, помимо контроля за правильностью работы насосов и двигателей, необходимо иметь постоянное наблюдение за работой неско-

ловок, заключающееся в очистке их от задержанных ею на решетках плавающих веществ и в удалении скопившихся на днеих осадков. Контроль за работой двигателей и насосов сопровождается систематической записью в специальные журналы, где отмечаются расходы на топливо или энергию, по смазке и ремонту машин, а также все случаи порчи водопод'емных механизмов и генераторов. Тут же ведется учет подаваемой воды посредством водомеров.

Наиболее серьезную часть для эксплоатации составляют очистные сооружения, так как при ослаблении надзора самые лучшие сооружения могут давать плохо очищенную воду. Прежде всего необходимо иметь небольшую химико-бактериологическую станцию для контроля состава очищенной воды. Значительные изменения в составе истока дают определенные указания на необходимость детального осмотра очистной станции и на производство необходимого ремонта. Далее необходимо вести учет воды, поступающей на всю очистную станцию и на каждую из ее отдельных частей. Для этой цели ставятся или водомеры Вентури, или водосливы с автоматическими счетчиками. Помимо чисто эксплоатационных работ после открытия канализации приходится присоединять к ней новые здания и прокладывать новые канализационные линии. Все эти последующие расширения, равно как и случаи ремонта, тщательно отмечаются на специальных планах и заносятся в особые книги. Устройства водопроводов и водостоков в домах подчиняются особым правилам в целях охраны здоровья населения.

§ 101. Строительная стоимость канализации поселков и эксплоатационные расходы. Стоимость поселковых канализаций будет зависеть от рельефа поселка, от характера водного протока, от числа жителей, от системы очистки, стоимости земли для очистных сооружений и др. разнообразных факторов.

Здесь также, как и при устройстве водоснабжения, можно добиться сокращения строительных расходов, если осуществлять сеть только в улицах, уже заселенных, и построить очистные сооружения по притоку данного момента с запасом на 5 — 8 лет. Но тем не менее проект канализации должен быть разработан так, чтобы последующие дополнения и расширения могли быть приспособленными без ломки уже существующих сооружений.

При оценке строительной стоимости канализации обыкновенно исчисляют отдельно стоимость сети и стоимость очистки. Для оценки сети можно пользоваться двумя коэффициентами: стоимостью, отнесенной к одному жителю, и стоимостью на погонную единицу протяжения сети. Средняя строительная стоимость канализационной сети по неполной раздельной системе на жителя может быть принято от 10 до 20 рублей, а на 1 *пог. м* от 10 до 20 руб. по довоенным ценам. Стоимость очистных сооружений также относится к 1 жителю или к 1 суточному *куб. м.* Средняя стоимость механических очистных станций колеблется от 1 до 3 руб. на жителя по довоенным ценам или от 16 до 30 руб. на 1 *куб. м.* Средняя стоимость полей орошения колеблется от 1 до 10 руб. на жителя по довоенным ценам или от 160 до 400 руб. на 1 *куб. м.* Средняя стоимость биологческих станций

с предварительной обработкой сточных вод может колебаться от 5 до 10 руб. на жителя или от 400 до 800 руб. на *куб. м.* Стоимость аэро-тэнков пока не может быть дана в исчерпывающем виде за недостатком для этой цели русских данных. Если исходить из заграничных данных, которые выведены для сточной воды, более слабой концентрации, чем у нас, то стоимость аэро-тэнков колеблется от 5 до 30 руб. на жителя. Стоимость же аэро-фильтров по соображению с московскими данными для небольших установок может быть принята в 5 — 8 руб. на жителя.

Величина эксплоатационных расходов колеблется в зависимости от количества спускаемой в канализацию воды. Эксплоатационные расходы по содержанию сети могут быть приняты от 6 до 10 коп., а по содержанию очистных станций от 5 до 20 коп. на жителя по довоенным ценам.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Стр.

Глава VI. Очистка грунтовой и артезианской воды от железа и марганца.

Глава VII. Всасывающие, напорные и самотечные линии.

Глава VIII. Способы под'ема воды. Водопроводные станции.

Глава IX. Сооружения для уравнивания расхода и давления.

Глава X. Разводящая сеть.

Глава XI. Трубы и приборы для водопроводной сети.

Глава XII. Производство работ по укладке труб. Проверка прочности укладки. Водомеры.

Глава XIII. Эксплоатация водоснабжения. Строительная стоимость и эксплоатационные расходы.

Стр.

ОТДЕЛ II. — КАНАЛИЗАЦИЯ.

Глава XIV. Системы канализации, изыскания для ее устройства и определение количества сточных вод.

Глава XV. Общие понятия о канализации и проектирование сети.

Глава XVI. Расчет и подбор водостоков.

Глава XVII. Устройство канализационной сети.

Глава XVIII. Различные части и устройства канализационной сети.

Глава XIX. Под'ем сточных вод, песколовки, канализационные насосы и насосные станции.

Глава XX. Загрязнение и самоочищение водных протоков. Способы очистки сточных вод и изыскания для составления проекта очистных сооружений.

Стр.

Глава XXI. Механические и механо-химические способы очистки сточных вод.

Глава XXII. Способы предварительной обработки сточных вод.

Глава XXIII. Биологическая очистка сточных вод.

Глава XXIV. Биологические фильтры.

Глава XXV. Очистка сточных вод активным илом.

Глава XXVI. Окончательная очистка и дезинфекция вод. Очистка сточных вод в рыбных прудах.

Глава XXVII. Эксплоатация канализации. Строительная стоимость канализации поселков и эксплоатационные расходы.

